
This is the **published version** of the article:

Feliu Daranas, Víctor; Pintó, R. Criteris i formes de representació que utilitza l'alumnat a l'hora de predir i interpretar gràfiques v-t en un moviment complex. 2009. 76 pàg.

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/151171>

under the terms of the  IN COPYRIGHT license



Universitat Autònoma de Barcelona

Facultat de Ciències de l'Educació

**Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències
Experimentals**



CRECIM-UAB

Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica

CRITERIS I FORMES DE REPRESENTACIÓ QUE UTILITZA L'ALUMNAT A L'HORA DE PREDIR I INTERPRETAR GRÀFIQUES V-T EN UN MOVIMENT COMPLEX.

Victor Feliu Daranas

Directora del treball:

Dra. Roser Pintó Casulleras

Les idees belles tenen una probabilitat més gran de ser certes que les idees lletges.

La Veritat és necessàriament Bella.

Roger Penrose

ÍNDIX

1. Presentació	5
1.1. Introducció al problema de recerca	5
1.2. Importància de la recerca	6
2. El problema de recerca	7
2.1. Objectius de la recerca	7
2.2. Presentació del problema en el seu context	8
2.2.1. El muntatge experimental	8
2.2.2. Fenomen a observar	10
2.3. Justificació de la recerca	12
2.2.1. Antecedents teòrics	12
2.2.2. Importància en el context	12
2.2.3. Motivacions personals	13
3. Marc teòric	14
3.1. Física	14
3.2. Didàctica de la física	15
3.3. Altres marcs teòrics i/o empírics que poden ajudar a la interpretació de les dades	18
3.3.1. Desitjabilitat social	18
3.3.2. La conducta davant el full en blanc	18
3.3.3. Gargots inconscients	19
3.3.4. Criteris estètics	20
3.3.5. Principis de la percepció	21
4. Disseny experimental	23
4.1. Desenvolupament previ de l'activitat	23
4.2. La població de l'estudi	25
4.3. Instruments i estratègies	27
4.3.1. Instruments utilitzats per a respondre la qüestió de recerca	27
4.3.2. Descripció i justificació detallada dels instruments utilitzat	27
4.4. Recollida de dades	29
4.4.1. Criteris de selecció de l'alumnat	29
4.4.2. Condicions de la recollida de dades	30
5. Anàlisi de dades, resultats i discussió	30
5.1. Procés d'anàlisi	31
5.1.1. Dimensió 1: Fer modificacions de la predicció inicial	31
5.1.2. Dimensió 2: La posició de la gràfica. On representen la gràfica	31

5.1.3. Dimensió 3: La forma de la gràfica. Com representen la gràfica	32
5.1.4. Dimensió 4: L'experiència prèvia. Haver fet la predicció x-t.....	32
5.1.5. Xarxa sistèmica.....	33
5.1.6. Taula de dades	33
5.2. Resultats i discussió	36
5.2.1. Dimensió 1. Han fet modificacions de la predicció inicial.....	36
5.2.2. Dimensió 2. La posició de la gràfica. On representen la gràfica	37
5.2.2.1. Comencen a l'origen.....	37
5.2.2.2. Acaben a $v=0$	38
5.2.2.3. Respecte l'eix d'abscisses.....	40
5.2.3. Dimensió 3. Com representen la gràfica.....	44
5.2.3.1. Segons la forma.....	44
5.2.3.2. Tenir en compte el fregament. El carret tarda més en tornar.....	49
5.2.3.3. Presenten simetria o antisimetria?	51
5.2.4. Dimensió 4. Han fet abans la predicció x-t.....	53
6. Conclusions, perspectiva i implicacions didàctiques	54
6.1. Conclusions.....	55
6.1.1. Física	55
6.1.2. Didàctica de la física	55
6.1.3. Altres marcs teòrics i/o empírics.....	56
6.2. Resolució de les qüestions de recerca	57
6.3. Perspectiva i implicacions didàctiques.....	59
6.4. Validesa i fiabilitat	59
7. Bibliografia	60
8. Annexos.....	62
ANNEX 1	63
ANNEX 4	70

1. Presentació

1.1. Introducció al problema de recerca

Amb l'aparició de les noves tecnologies per a l'aprenentatge de les ciències, especialment l'MBL (Microcomputer Based Laboratories), cada vegada més l'alumnat és capaç d'observar l'evolució d'un fenomen i observar com es va representant la corresponent gràfica en temps real.

Els principals avantatges educatius d'aquesta tecnologia és que l'alumnat destina menys temps a la recollida de dades i per tant es pot dedicar més temps a les prediccions, a la discussió dels resultats, a la verificació d'hipòtesis i a l'anàlisi de les gràfiques.

Les gràfiques són un aspecte molt important de la ciència i, cada dia més, de la vida quotidiana. Permeten observar un fenomen físic amb una globalitat i una qualitat que per exemple una taula de dades seria incapaç de fer-ho (Beichner, 1994). La irrupció d'aquest tipus d'eines docents obre nous horitzons per a la recerca en didàctica de les ciències des de diverses perspectives. Com a reflex de la nostra societat actual, des de fa un temps els centres educatius s'estan modernitzant progressivament amb la incorporació de tot tipus de noves tecnologies, la majoria d'elles basades en la imatge (pissarres digitals, ordinadors, videoprojectors, etc.). Això implica, i possibilita a la vegada, que el llenguatge gràfic estigui cada vegada més present a les nostres vides, com a forma de comunicació i de representació. Cada vegada es dona més importància al fet que les persones siguin capaces d'interpretar i predir gràfiques.

En el context d'una pràctica de laboratori a on s'utilitzen recol·lectors de dades i sensors, un dels punts principals és quan es demana a l'alumnat que predigui la forma de les gràfiques que obtindran posteriorment, en el moment de mesurar, de la posició i la velocitat d'un cert objecte. El fet que l'alumnat predigui un comportament i l'expressi en forma de gràfica fa que expressi les seves concepcions prèvies sobre el model científic de referència que hi ha en el fenomen que es vol estudiar. Llavors, en el moment de verificar les prediccions, l'alumnat pot adonar-se de qualsevol incoherència inicial i així autocorregir-se d'una manera més natural i anar arribant així, de forma progressiva, a una comprensió més global del fenomen a estudiar. En aquesta recerca es dona suport a la idea de que les prediccions ens deixen entreveure els coneixements previs de l'alumnat, així com la forma com utilitzen els coneixements teòrics o empírics que ja tenen i els recombien per a representar gràficament d'un fenomen. És per això que pren una especial importància aprofundir en el coneixement de la forma com l'alumnat fa prediccions i sobretot, intentar conèixer els patrons i criteris que utilitza per a fer-ho.

La present recerca se centra doncs, en analitzar des de diversos punts de vista quines formes de representació o patrons de dibuix utilitza l'alumnat a l'hora de representar gràficament els fenòmens. En concret, i a partir de les prediccions de les gràfiques velocitat – temps (a partir d'ara $v-t$) que fa temps que està fent l'alumnat dins d'un context d'una pràctica de física al laboratori sorgeix la pregunta de perquè els alumnes representen un tipus de prediccions $v-t$ i no unes altres. Aquesta no és però una pregunta senzilla i convé diferenciar tres aspectes diferents:

- **Què representa l'alumnat.** De forma objectiva es descriu la gràfica a partir de la forma, de les possibles modificacions al llarg de la predicció, etc.
- **En funció de què podem analitzar el que representen.** És a dir, amb quins paràmetres o variables podem descriure les representacions gràfiques observades.
- **Com podem interpretar el que representa l'alumnat donant-li causalitat.** Analitzar perquè l'alumnat fa certes representacions, com ho fa i intentar esbrinar les pautes, conscients o subconscients, que puguin servir per a representar un tipus de gràfica o un altre

A partir de les observacions dutes a terme any rere any d'una activitat de laboratori on l'alumnat ha de fer prediccions de gràfiques posició – temps (a partir d'ara $x-t$) i $v-t$, s'observa que les gràfiques

predites semblen presentar una sèrie de patrons i característiques que es repeteixen. Indagar en les possibles causes, basant-nos també en el que ja han investigat diversos autors, forma part dels propòsits d'aquesta recerca.

Per altra banda, les dades obtingudes també s'analitzen des d'uns enfocaments poc habituals, des de diferents branques de la psicologia i fins i tot des de l'estètica, documentades cadascuna de forma individual però no des d'una possible vinculació amb la física o la didàctica de la física. Així doncs, en absència de bibliografia que analitzi les gràfiques de les prediccions de l'alumnat des d'aquestes perspectives, aquesta recerca llança una proposta d'investigació en aquests altres camps. S'obren les portes doncs, a una possible recerca molt més àmplia que aprofundeixi en aquestes qüestions en base a un mètode científic, verificant o desmentint aquestes hipòtesis aquí exposades.

En base als resultats obtinguts, aquesta recerca pot ajudar amb un petit gra de sorra a la comunitat docent a actuar tenint més en compte les dificultats de l'alumnat a l'hora de representar i predir gràfiques.

1.2. Importància de la recerca

Davant les evidències que ens hem anat trobant any rere any de que les prediccions que feia l'alumnat de les gràfiques v-t eren sovint deficientes, se'ns presenta la necessitat d'iniciar aquesta recerca. El fet de constatar visualment que les prediccions siguin incorrectes no és per si mateix un problema, ja que creiem natural que l'alumnat, en base a uns resultats incorrectes sigui capaç de superar-los mitjançant el coneixement i arribar a una etapa superior a on almenys no es repeteixin els errors anteriors. El problema en sí mateix creiem que se'ns presenta en el moment en que, mitjançant la interacció verbal, l'alumnat ens mostra la seva incapacitat de relacionar diferents aspectes de la seva formació prèvia d'una forma coherent. Per exemple, gran part de l'alumnat, tot i tenir clars una sèrie d'aspectes elementals de cinemàtica (bàsicament les relacions matemàtiques fonamentals entre la posició, la velocitat i l'acceleració) i dinàmica (bàsicament els enuncis de la primera i la segona llei de Newton) així com la comprensió d'un fenomen que han observat diverses vegades i fins i tot han interactuat amb ell, doncs resulta que no són capaços de plasmar, de forma mínimament coherent, aquesta informació en forma de representació gràfica. Ens mostren sovint així una sèrie de incoherències que, almenys al llarg de la pràctica i malgrat la corresponent explicació i/o demostració, no són capaços de superar.

L'objectiu doncs d'aquesta recerca és aportar informació teòrica, contrastada amb les dades experimentals, que ajudi tant a la comunitat investigadora com a la comunitat docent a afrontar i a intentar solucionar aquest problema, constantment reproduït a les classes de ciències.

Aquesta recerca és important, des de diferents perspectives, per diverses raons. Per a la comunitat investigadora els resultats d'aquesta recerca poden ser interessants perquè:

- Aprofundeix molt en les causes que motiven a l'alumnat a representar un tipus de gràfica i no un altre. El fet de recollir dades mitjançant una entrevista, aporta llum a les representacions gràfiques, basant-nos en les respostes de l'alumnat. A més a més, relaciona diferents recerques sobre la interpretació de les gràfiques v-t des de diferents perspectives.
- Analitza les dades des d'altres marcs teòrics, allunyats de la física o de la didàctica de les ciències. En base al que aquesta recerca planteja, i que per motius obvis resta fora dels seus objectius, crec que en un futur seria molt interessant indagar més en aquests aspectes que aquí només es mencionen, per tal de poder obrir un nou camp d'investigació o, en cas contrari, demostrar que no té cap sentit investigar en aquesta intersecció de disciplines.

Per a la comunitat docent els resultats d'aquesta recerca poden ser interessants perquè:

- Ajuda a comprendre millor com l'alumnat fa prediccions de gràfiques v-t en el context d'una pràctica de laboratori i quines són les principals dificultats amb què topa, així com les seves possibles causes.

- Permet enfocar el treball de laboratori tenint en compte aquestes dificultats i procurant elaborar o utilitzar pràctiques que solucionin aquests problemes. A la vegada, això també representaria un avantatge evident per a l'alumnat.

I en darrer terme, aquesta recerca també és important per a mi, com a investigador i com a docent, especialment com a professor de les pràctiques de laboratori que han servit per a obtenir les dades d'aquesta recerca. Sempre m'han interessat els possibles motius que poden dificultar la representació gràfica de les prediccions i amb els resultats d'aquesta recerca, pretenc apropar-me una mica més a la forma de raonament de l'alumnat a l'hora de predir gràfiques i relacionar conceptes per tal de poder incidir de forma positiva en el seu procés d'aprenentatge i millorar a l'hora el desenvolupament de la pràctica esmentada i el rendiment de l'alumnat que hi participa.

2. El problema de recerca

2.1. Objectius de la recerca

Tal i com detalla Gutiérrez (2000), en la teoria dels models mentals mecànics s'assumeix que els individus construeixen models mentals quan observen un *sistema físic dinàmic* i esdevé la necessitat de voler explicar com funcionarà i com evolucionarà el sistema. La forma de raonament mitjançant models mentals presenta una sèrie d'elements característics

:

- 1) La "translació" d'algun procés extern a una representació interna en termes de paraules, números o altres símbols.
- 2) La derivació per part d'aquests d'alguns altres símbols per algun tipus de procés inferencial.
- 3) La "retranslació" d'aquests símbols en accions, per tal de comprovar si hi ha correspondència entre aquesta acció i els esdeveniments externs, com en adonar-se que es compleix una predicció.

Quan es demana a l'alumnat que representi gràficament una predicció, aquest cerca la informació adient en els seus coneixements, escull el model adequat i l'aplica a la situació corresponent. En intentar comprendre qualsevol tipus de fenomen natural, hom ha de recórrer als models mentals (Gutiérrez, 2000) dels quals disposa per tal d'obtenir una pauta de comportament que permeti explicar el fenomen i preveure quina pot ser la seva evolució. De la mateixa manera, a l'hora de fer prediccions recuperem els models mentals propis, assimilats al llarg de la nostra vida, per tal que el fenomen del qual en volem predir l'evolució, encaixi en algun tipus de pauta cognitiva i a partir d'aquí poder raonar (en base al mateix model o a d'altres) quin podrà ser el comportament del sistema. Si el model intern del qual disposa l'alumnat, bastit a partir dels seus coneixements previs i reestructurat i ampliat en base a l'aprenentatge adquirit, és suficient per a dur a terme la tasca que se li encomana i té en compte tota la informació disponible, la predicció que realitzarà serà la correcta (o més ben dit, serà l'acceptada pel professorat en funció dels coneixements que se suposa que ha de tenir i de la dificultat que pugui presentar el fenomen en qüestió). A partir de la predicció que, segons el criteri del professorat, hauria de ser la òptima, hi ha l'opció de que el que hagi fet l'alumnat sigui correcte o no.

Si la predicció que fa l'alumnat i el posterior raonament són, des de la perspectiva de la física que s'utilitza, correctes, el problema s'acaba aquí, almenys pel que fa a aquesta recerca.

És quan la predicció no és correcta (independentment de si el resultat s'apropa molt o poc al desitjat) que s'inicien una sèrie de preguntes per intentar descobrir quins elements han pres part a l'elaboració de la predicció, avaluar si són els adequats i esbrinar què pot haver fallat.

Conscients de la dificultat d'analitzar d'una manera concreta tots els tipus de prediccions (ja que l'evolució de qualsevol fenomen natural és susceptible de ser predita), aquesta recerca se centra en les prediccions de les gràfiques v-t (d'un fenomen concret, però amb intencions de generalitzar a diverses prediccions de gràfiques v-t). A més a més, conscients que l'evolució d'un fenomen es pot predir utilitzant diversos llenguatges, ens centrem en aquesta recerca en les prediccions de tipus

gràfic. Referint-nos a aquelles a on es prediu l'evolució de la gràfica v-t del fenomen mitjançant una representació (feta a mà per qui prediu) de la gràfica v-t que s'espera obtenir. Ens és molt útil en aquest cas el fet d'utilitzar recol·lectors de dades i sensors que permeten, mitjançant el programari adequat, representar en temps reals les gràfiques v-t (entre d'altres) del fenomen a estudiar, ja que d'aquesta manera el resultat pròpiament dit és una gràfica i per tant, al fer prediccions de les gràfiques, ja ens centrem en el resultat final sense haver de fer cap mena de transformació de la informació ni cap canvi de llenguatge.

Si tenim en compte la gràfica v-t i el corresponent fenomen del qual se n'havia de fer la predicció, notem que la gràfica té una sèrie de trets característics. La forma d'afrontar els objectius és analitzar aquests trets característics (inici a l'origen, gràfica lineal o no lineal, tenir en compte el fregament, etc.) i extreure'n la informació corresponent per tal d'assolir els objectius. L'objectiu d'aquesta recerca és doncs intentar entendre una mica millor quins criteris i quines formes de representació utilitza l'alumnat, i com ho fa, a l'hora de representar gràficament les prediccions de la velocitat. En base al problema plantejat, les qüestions de recerca són:

- **Quins problemes o dificultats pot tenir l'alumnat a l'hora de predir gràfiques v-t?**
- **Quins criteris i formes de representació utilitza a l'hora de representar les corresponents gràfiques?**

Hi ha però un objectiu secundari a més llarg termini, no aplicable en el context d'aquesta recerca, que és millorar, en la mesura del que sigui possible, l'aprenentatge de l'alumnat i que aquest sigui significatiu. Creiem que és molt interessant conèixer millor quines són les dificultats amb les que pot topar l'alumnat a l'hora de representar gràfiques de prediccions v-t i conèixer també quins criteris utilitza, i com els aplica, a l'hora de representar-les. Amb els resultats d'aquesta recerca, esperem que es podrà intervenir millor per tal de solucionar aquestes dificultats. Això, al nostre entendre, seria sinònim de que l'alumnat hauria après correctament els coneixements necessaris, integrant-los al que ja sabia, de manera que el seu model intern es reestructurés i s'ampliés, apropant-se progressivament més i més al model científic vigent.

Els objectius de la recerca són delimitats perquè pretenem donar resposta a una sèrie d'interrogants relacionats únicament a **com l'alumnat prediu gràfiques v-t en un determinat context**. De totes maneres, els resultats poden generalitzar-se a d'altres contextos on l'alumnat hagi també de fer prediccions de gràfiques v-t. D'aquesta manera suposem, al nostre entendre, que tant la pregunta de recerca com la seva posterior resposta esdevenen rellevants, des del punt de vista teòric i pràctic i dins del seu radi d'acció, tant per als investigadors com per a l'alumnat i la comunitat educativa. És també una recerca rellevant i acceptable en el sentit que s'intenta aprofundir en una qüestió que dia rere dia apareix a les aules de ciències, pel fet d'estar relacionat amb un aspecte de la física omnipresent en els currículums vigents.

2.2. Presentació del problema en el seu context

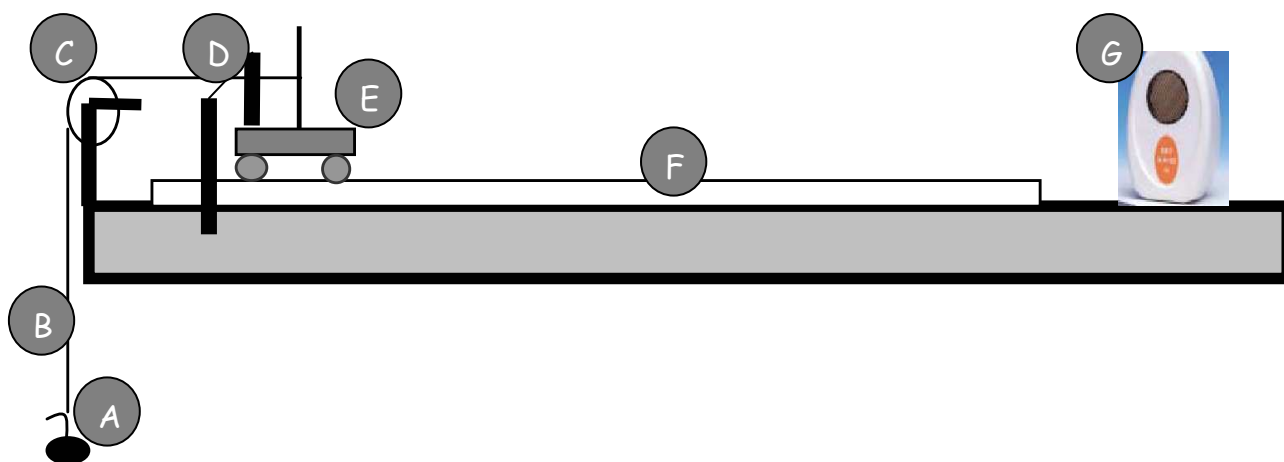
Aquest treball neix a partir de les observacions dutes a terme any rere any de la pràctica "*Educació Vial 2. Quina és la distància mínima de seguretat entre dos vehicles?*", emmarcat dins del projecte REVIR <http://antalya.uab.es/crecim/Revir/>, coordinat pel CRECIM (Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica). Les sessions s'han ubicat en el laboratori 3 de la facultat de ciències de l'educació de la Universitat Autònoma de Barcelona. Aquestes sessions duren unes quatre hores, en les quals l'alumnat realitza una pràctica de cinemàtica/dinàmica utilitzant recol·lectors de dades.

2.2.1. El muntatge experimental

El muntatge experimental que a l'hora de realitzar la pràctica l'alumnat es troba al laboratori és el següent:



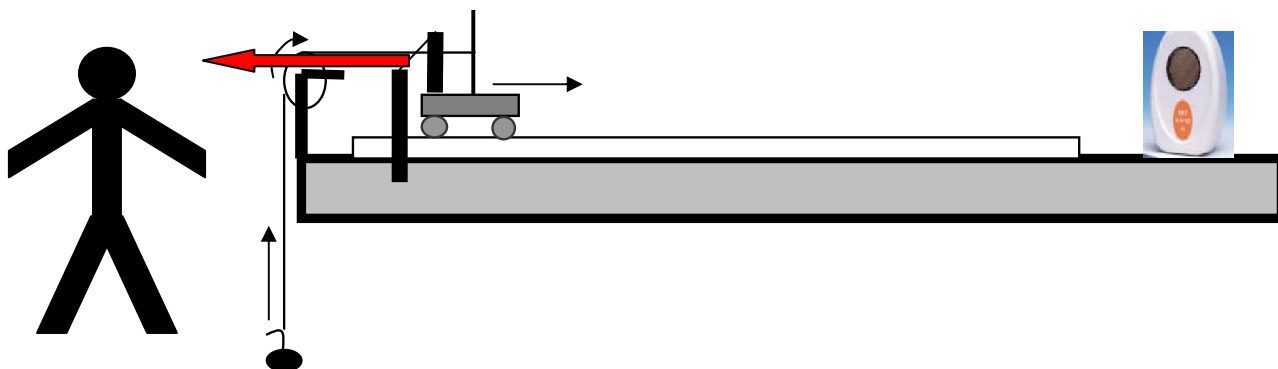
Que esquemàticament és:



- A. Portapeses amb una, dues o cap pesa.
- B. Cordill que uneix el portapeses (A) i el carret (E).
- C. Politja, fixada a la taula del laboratori i per on hi passa el cordill (B).
- D. Goma. Passa entre dos claus que estan fixats al carril (F) i està tensada. El cordill (B) passa per sota de la goma i entre els dos claus.
- E. Carret de plàstic. Està format per una base rectangular amb quatre rodes en dos eixos. Del centre de la base en sobresurt una vareta metàl·lica per a poder-hi col·locar peses. A la part de la dreta (respecte a la imatge anterior) del carret, que és la part del carret que sempre està més a prop del sensor (G) hi ha una petita protuberància plana i perpendicular a la base del carret per tal de facilitar la detecció del carret per part del sensor.
- F. Carril per on es desplaça el carret.
- G. Sensor de distància de l'equipament MultiLog-PRO.

2.2.2. Fenomen a observar

La següent imatge mostra un esquema del procediment per a posar en marxa el sistema.



- Abans de començar, cal que la vareta del carril estigui en contacte amb la goma però sense que aquesta quedi deformada. Això s'aconsegueix quan el portapeses està tocant a terra però el fil està encara tensat, amb la tensió deguda únicament al seu propi pes, que és mínim. En aquesta posició, ni el fil ni la goma estan realitzant, teòricament, cap força.
- Primer de tot, per a posar en marxa el dispositiu experimental cal que la persona encarregada es col·loqui a la banda de l'esquerra.
- Amb una mà se subjecta el carril per evitar que es mogui i amb l'altra s'estira el carril per la part de baix, allunyant-lo del sensor (tal i com indica la fletxa vermella de la imatge anterior). Al fer això, la vareta del carril fa de topall amb la goma i aquesta es deforma acumulant energia potencial elàstica.
- Quan es deixa anar el carril, la goma retorna a la seva posició d'equilibri, empenyent el carril i fent que aquest surti amb una certa velocitat inicial cap al sensor. A la vegada, el portapeses comença a pujar i el sistema es mou tal i com indiquen les fletxes negres. Aquest era el moviment que anomenàvem d'anada, referint-nos a que el carril anava cap al sensor. Es feia així per a insistir en el fet que el sensor de distància es prenia com a origen de coordenades.
- Des del moment en el qual el carril deixa d'estar en contacte amb la goma comença a experimentar una desacceleració deguda al fregament i a la força de la gravetat que actua sobre el portapeses i que gràcies a la politja i al cordill, s'oposa al moviment del carril. Aquesta desacceleració fa que el carril s'acabi aturant. Pel mateix motiu, llavors el carril retrocedeix en direcció a la goma i allunyant-se del sensor.

L'activitat està dissenyada de manera que hi hagi bastants espais de temps per a que l'alumnat discuteixi i posi en comú els seus coneixements. Havíem anat observant que l'alumnat presentava certes dificultats a l'hora de predir les gràfiques x-t i més encara a l'hora de predir gràfiques v-t. Aquest era un aspecte fonamental per a la comprensió de la pràctica. Els aspectes clau de la pràctica eren:

1. Evolució d'un sistema físic i observació del fenomen.

Des del punt de vista de l'alumnat, el primer punt era bastant obvi ja que es tractava d'observar un fenomen. Com a fenomen, si bé que potser l'experiment no era quelcom molt quotidià, sí que estava format per elements força habituals i que l'alumnat hi podia haver experimentat: goma, politja, carril amb rodes, etc. El fet de visualitzar-lo no comportava en general cap mena de problema ja que observant el funcionament dels diferents elements del muntatge experimental, l'alumnat entenia bé el que estava passant, des d'una perspectiva molt inicial i quotidiana.

2. Conceptes físics, de cinemàtica i dinàmica, que descriuen l'evolució del fenomen.

Aquest segon punt fa referència als conceptes científics específics i d'entrada no es detectava que presentés massa complicacions en sí mateix ja que només feia referència a la teoria que s'havia donat anteriorment a classe. La complicació començava a l'hora de relacionar el primer punt amb el segon. Com que el fenomen que observaven era molt clar, sovint s'utilitzava un llenguatge col·loquial gens precís per descriure el fenomen, tal i com indiquen diversos autors (Viennot, 1979; Fernández et al., 1996). No es solia descriure el fenomen en termes adequats utilitzant les variables i relacions físiques corresponents i de forma adequada.

3. Les eines matemàtiques utilitzades per a treure la informació rellevant del fenomen.

No solia donar massa problemes el fet d'entendre quines eren les eines matemàtiques utilitzades, ja que la majoria d'alumnat estava acostumat a utilitzar aquests termes ($f(x)$, lineal, pendent, etc.), tot i que quan ho feien solia ser en el context de la classe de matemàtiques. Si bé l'alumnat havia d'utilitzar alguns aspectes matemàtics al llarg de l'activitat, la pràctica no se centrava en això. En alguns casos es detectava algun tipus de dificultat a l'hora d'utilitzar i aplicar conceptes com pendent, lineal, paràbola, quadràtica, etc. També cal dir que la majoria d'errors que s'observen en aquesta part de la pràctica, corresponien a errors de càlcul (en molts casos, segurament, per manca de comprensió de la maquinària matemàtica utilitzada, però aquests aspectes estan fora de l'abast d'aquesta recerca). Així doncs, tot i alguns errors d'aplicació, en general no s'observaven massa dificultats pel que fa a la comprensió dels conceptes matemàtics involucrats en la pràctica.

4. Les gràfiques $x-t$ i $v-t$ de l'evolució del fenomen.

La interpretació de gràfiques solia ser el punt més complicat, per si mateix i per relacionar-lo amb els altres tres. Aquesta part de la pràctica no s'escapava per tant de ser un dels aspectes més complicats per l'alumnat. Així, s'observaven dificultats bàsicament en:

- *Relacionar les gràfiques $x-t$ i $v-t$ amb l'evolució del fenomen i els conceptes físics teòrics.*

Les gràfiques mostraven l'evolució d'unes certes variables i d'entrada, no era evident el pas de sintetitzar el fenomen a partir de les seves variables físiques rellevants. A la vegada, a partir de l'observació d'un fenomen, no demostrava ser una tasca fàcil comprendre que les variables implicades en la seva evolució es poguessin representar en forma de gràfiques. No semblava ser trivial el fet de relacionar (en temps real) l'observació del fenomen amb les seves variables físiques (mesurables) i amb les representacions gràfiques corresponents.

- *Relacionar les gràfiques $x-t$ i $v-t$ amb el rerefons matemàtic que contenen.*

Malgrat que l'alumnat hagués analitzat a classe algunes gràfiques, els seus comportaments característics i els seus aspectes essencials, sovint no eren capaços de relacionar els aspectes físics i els aspectes matemàtics de l'anàlisi. Això solem interpretar-ho considerant que per a l'alumnat són coneixements, que tot i poder dominar bé de forma individual, fan referència a diferents assignatures i que sovint no són capaços d'adonar-se d'aquesta relació transversal entre el que aprenen en diferents contextos.

Basant-nos en l'observació de moltes sessions de pràctiques, en general els problemes apareixien quan l'alumnat havia de relacionar els aspectes anteriors. La relació que pot fer l'alumnat entre els punts anteriors, juntament amb el fet que l'alumnat hagués de predir les gràfiques $v-t$, ha estat el fil conductor que al llarg de moltes sessions pràctiques ha anat motivant aquesta recerca.

2.3. Justificació de la recerca

2.2.1. Antecedents teòrics

Gairebé sempre que un docent s'enfronta a la dura tasca d'intentar que el seu alumnat aprengui una sèrie de conceptes, topa amb unes dificultats que compliquen l'aprenentatge i que s'han estudiat àmpliament. Pel que fa a les principals dificultats a l'hora d'interpretar gràfiques i relacionar les diferents variables cinemàtiques, Beichner (1994) i Sassi (1997), llisten confusions entre posició i trajectòria, dificultats amb els conceptes de variables negatives, confusió també entre valors absoluts i variacions de variables i confusió directa de variables (confondre $x(t)$ amb $v(t)$). També moltes de les dificultats apareixen a l'hora d'utilitzar múltiples representacions d'un mateix fenomen.

L'anàlisi per part de la comunitat investigadora dels aspectes relacionats amb la predicció i l'anàlisi de representacions gràfiques és, i ha estat, un tema bastant recurrent en el camp de la recerca en didàctica de les ciències. Així, tal i com s'ha anticipat anteriorment, aquesta recerca no només tracta les corresponents qüestions dels marcs habituals que s'esperen dins del context general al qual pertany, sinó que a banda del que pot resultar habitual, es complementa la investigació amb d'altres enfocaments des de diferents focus del coneixement.

Així doncs, i des del marc d'aquesta recerca, es col·loca la primera pedra per a possibles futures investigacions sobre l'anàlisi de gràfiques però, tal com hem assenyalat anteriorment, des de diferents perspectives i marcs teòrics com poden ser la psicologia i l'estètica. Pel que fa a la psicologia, creiem que la relació apunta especialment cap a aquells aspectes del individu més relacionats amb les formes d'expressió i de relació amb els altres com poden ser per exemple la desitjabilitat social o els principis perceptius. També, i més en general, analitzar diversos aspectes de la forma com el individu representa gràfiques (què fa?, com ho fa? I perquè ho fa d'aquella manera i no una altra?). Pel que fa a l'estètica, la possible investigació creiem que està en la relació entre una representació gràfica (el producte final) d'un fenomen físic i l'acte humà (el procés) que pot, o no, estar relacionat amb certs criteris socioculturals de bellesa, i a la vegada ser fruit (tot i que, en principi, amb mínims grau de llibertat per part de qui ho fa) de la creació humana.

Val a dir que al llarg d'aquesta recerca no hem trobat cap tipus de bibliografia que donés algun indicatiu de relació entre aquests *altres* marcs teòrics i els habituals en aquest camp. És per això que aquesta recerca disposa només d'antecedents teòrics pel que fa a les parts més relacionades amb la física i la didàctica de les ciències en general, però no per als nous marcs amb què és tractada. De forma global doncs, aquesta recerca no disposa pròpiament de cap antecedent teòric fidel a ella mateixa i és per això que creiem que obre un camí que uneix diferents branques del coneixement fins ara separades.

Malgrat tot, som plenament conscients que el que fem aquí d'introduir altres marcs teòrics pot molt ben ser que, en el cas de continuar en el futur en aquesta direcció, descobrim d'una manera lògica, científica i raonada que realment no hi ha cap mena de raó en el fet de tractar les prediccions i l'anàlisi de gràfiques des d'aquests altres marcs. Tot i així, en el cas que fos així i una vegada arribats a aquest punt, tindríem una informació igualment molt valuosa ja que evitariem que futures investigacions entressin en aquest carreró sense sortida.

2.2.2. Importància en el context

En el context de la pràctica del REVIR que ha motivat la presa de dades d'aquesta recerca, és molt important esbrinar per què l'alumnat fa un tipus de prediccions i no unes altres. El fet que per a nosaltres sigui important aquesta recerca es deu bàsicament al interès en aconseguir que l'alumnat aprengui d'una forma significativa tot interrelacionant l'ús de noves tecnologies, la interpretació de gràfiques i l'expressió i l'anàlisi dels resultats obtinguts. Aquesta pràctica és una molt bona forma de fer que l'alumnat aprengui física d'una manera diferent: dins d'un context determinat, utilitzant noves tecnologies, amb una motivació addicional (la qüestió inicial de l'activitat) i on es promou que l'alumnat discuteixi els resultats i relacioni la física, les matemàtiques, les dades experimentals i l'evolució real del fenomen físic.

A l'hora de predir la gràfica x - t , se'ns fa evident que l'alumnat no té tantes dificultats com en el cas de la gràfica v - t . És per això que, a banda del interès que pugui tenir predir la gràfica v - t per a les finalitats del currículum, per a nosaltres és molt interessant també el fet de poder analitzar les prediccions que fa l'alumnat de les gràfiques v - t ja que al ser la velocitat una magnitud lleugerament més abstracta que la posició, ens pot ajudar a detectar llacunes de coneixement de l'alumnat així com observar altres pautes de raonament.

És per això que en el context de la pràctica EV2 del projecte REVIR, és interessant investigar i conèixer tots els aspectes de la pràctica que poden ajudar a millorar:

- L'aprenentatge de l'alumnat, incidint en els punts on solen tenir més dificultats de manera que aquest sigui més significatiu.
- La forma d'ensenyar, a partir d'entendre quins punts poden resultar més difícils i que per tant requereixen una major atenció per part del professorat.
- El rendiment del conjunt professorat-alumnat i així fomentar un context on es puguin solucionar els problemes apareguts i arribar a uns resultats coherents, transversals amb altres matèries (com per exemple matemàtiques) i útils per a la vida quotidiana (com ho pretenen els objectius de la pràctica EV2).

Els resultats de la present recerca poden aportar llum a un dels aspectes més interessants i potser més desconeguts de la pràctica, com és el de les prediccions, especialment les de velocitat. Per altra banda, identificar millor les dificultats de l'alumnat a l'hora de predir gràfiques v - t i conèixer millor els criteris i patrons que utilitza en les representacions gràfiques, pot ajudar a dinamitzar el conjunt de la pràctica i millorar l'aprenentatge a l'hora de relacionar el fenomen, la vessant física, la vessant matemàtica, les dades i les representacions gràfiques.

Des de la perspectiva més acadèmica, gran part de la pràctica està enfocada a l'aprenentatge dels conceptes de dinàmica i cinemàtica. Des de la vessant més didàctica se centra més en les dificultats de l'alumnat a l'hora de relacionar el fenomen real, la gràfica generada a l'ordinador i els conceptes físics que s'utilitzen a l'hora de tractar la dinàmica i la cinemàtica (Sàez, et al, 2005).

2.2.3. Motivacions personals

Quan l'alumnat utilitza la tecnologia MBL per a prendre dades del fenomen es representen simultàniament, i en temps real, les gràfiques x - t i v - t . En general, quan observen ambdues gràfiques després d'haver fet les prediccions, les majors discrepàncies predicció/resultat apareixen en la gràfica v - t . Abans de dur a terme aquesta investigació, molt pocs grups feien la predicció de la gràfica v - t . Només se solia fer si el grup era de 1r de Batxillerat, tenia coneixements suficients i el temps de la pràctica ho permetia. Però l'alumnat que feia la predicció de la gràfica v - t , majoritàriament errava les seves prediccions. L'observació d'aquestes reaccions i la cerca raonada d'una possible causa que expliqués aquests motius segurament fou la guspira inicial que em va motivar a iniciar la present recerca. Es tracta d'una observació directa, fruit de les sessions dutes a terme any rere any (des del curs 2003-2004 fins a l'actualitat, unes 15 o 20 pràctiques per curs). Aquestes observacions m'han permès acostar-me a la forma com l'alumnat interacciona amb els elements de la pràctica, com duu a terme la seva tasca, com es desenvolupen les discussions i els debats, com intenten relacionar els diferents aspectes de la pràctica, etc. Totes aquestes observacions crec que també poden haver motivat de forma subliminal les qüestions de recerca, així com els criteris utilitzats a l'hora d'analitzar les dades.

En concret, el fet que les diferents prediccions de la gràfica v - t fossin tant diferents entre elles va motivar que em plantegés una sèrie de preguntes:

- Quins criteris deu utilitzar l'alumnat a l'hora de fer aquestes prediccions?
- Fins a quin punt és capaç d'entendre què és la velocitat (ritme de variació de la posició al llarg del temps) i representar un moviment mitjançant una gràfica?
- Perquè moltes vegades sembla que representin x - t en comptes de v - t ?

- Quines bases científiques utilitza a l'hora de representar una forma o una altra (MRUA, MRU, Força resultant, acceleració, etc.)?
- Per què la majoria de prediccions (no correctes) presenten una sèrie de patrons en comú? Quina mena de relació poden tenir aquests patrons amb la realitat física o altres paràmetres?

A partir d'aquest tipus de preguntes va ser com se'm va crear la necessitat d'investigar-ho més a fons.

Personalment crec que, entre d'altres, predir gràfiques $x-t$ és més senzill que predir gràfiques $v-t$ pel següent motiu. Les persones percebem posicions i distàncies i percebem també el pas del temps. Quan un objecte està en un punt determinat de l'espai en un cert moment i al cap d'una estona està en un altre punt, és perquè hi ha hagut un desplaçament. És per tant més fàcil entendre com ha variat la posició al llarg del temps que no pas saber com ha variat la velocitat al llarg del temps perquè les variacions de velocitat amb el temps ens indiquen l'acceleració, magnitud difícil de percebre o d'interpretar sensorialment. A banda d'això hi ha també el fet que el signe de la velocitat depèn de si l'objecte s'allunya o s'apropa de l'origen, mentre que a la vida quotidiana (tot i que l'observador miri sempre en la mateixa direcció i sentit, i la velocitat canviï de signe) nosaltres direm que la velocitat ha augmentat o disminuït, encara que l'objecte hagi canviat de sentit, però sense fer referència al signe, només al mòdul (Fernández et al., 1996).

Per altra banda, abans de recollir dades, quan l'alumnat predeia les gràfiques $v-t$ em vaig fixar que la majoria feia línies corbes (sondejant a l'alumnat vaig saber que pretenien ser paràboles) en comptes de rectes. Això em va fer pensar en quins podien ser els motius per a representar tantes línies corbes, a banda de la confusió que hi pogués haver entre $x-t$ i $v-t$. En base a aquestes observacions vaig considerar interessant mirar els mateixos resultats des d'altres punts de vista molt diferents, com poden ser certes branques de la psicologia o l'estètica. Malgrat els múltiples intents per cercar informació que relacionés la predicció de gràfiques (física i didàctica de la física) amb criteris estètics o psicològics, em va ser impossible trobar cap article o informació que ho relacionés directa o indirectament. Això va ser per a mi una motivació personal addicional molt important ja que (per bé o per mal) s'obria un camp d'investigació en el qual molt poca gent, o ningú, devia haver-hi aprofundit. Tenint en compte que aquests nous punts de vista de moment no són res més que hipòtesis, vaig decidir analitzar-ho també des d'aquestes perspectives, de forma molt elemental i a l'espera de futures validacions o rebuigs.

3. Marc teòric

Aquesta recerca es recolza en diversos marcs teòrics.

3.1. Física

La present investigació està basada en l'anàlisi de les prediccions de les gràfiques $v-t$ i per tant no està exempta del marc teòric de la mecànica clàssica. En primer lloc, la pràctica de física que ha donat lloc a l'obtenció de les dades està emmarcada en la mecànica clàssica Newtoniana perquè és la perspectiva que s'adopta gairebé arreu del món a l'hora d'ensenyar física a alumnes de 16 a 18 anys (de fet, en l'etapa pre-universitària gairebé mai s'enfoca la física des d'una altra visió que no sigui la Newtoniana). Això implica que la física es va estructurant a partir de les bases de la cinemàtica, la dinàmica, treball i energia, etc. S'utilitzen per tant conceptes com: equació de la posició $x(t)$, equació de la velocitat $v(t)$ i les ben conegudes tres lleis de Newton. Per altra banda, això implica també una representació i un anàlisi vectorial de la posició, la velocitat, l'acceleració i les forces, amb el conseqüent criteri de signes. Tota aquesta explicació la faig perquè personalment, sempre he pensat que la visió Newtoniana de la física va associada a certs conceptes que poden dificultar el seu aprenentatge i que potser seria interessant plantejar l'ensenyament de la física al Batxillerat (o a la ESO) des d'una altra perspectiva com podria ser la Lagrangiana o sobretot la Hamiltoniana, tot i que això queda fora de l'abast d'aquesta recerca.

Tot i que no queda explicitat en el qüestionari (tampoc afecta a les dades), l'obtenció de les dades m'interessava agafar-la des de la mateixa perspectiva de la física que havia après l'alumnat a classe. Això es reflectia de forma implícita a l'hora de l'entrevista, on les preguntes que feia a l'alumnat estaven clarament lligades a un model Newtonià.

3.2. Didàctica de la física

De la gran quantitat d'estudis que, d'una o altra manera, analitzen les prediccions de l'alumnat de les gràfiques $x-t$ o $v-t$, anem a veure quins són els que d'una o altra manera emmarquen aquesta recerca i des de quines perspectives ho fan.

3.2.1. Múltiples representacions

Hi ha molts estudis que mostren com sovint l'alumnat no utilitza de forma coherent i eficient múltiples representacions (texts, imatges, gràfiques, etc) o que hi ha certes dificultats a l'hora de moure's entre elles i connectar les múltiples representacions (Viiri, J., Savinainen, A., 2004) i (Sàez, et al, 2005). Per altra banda, també s'ha demostrat que l'habilitat de l'alumnat en utilitzar més d'una representació depèn del seu grau de coneixement [aquí Viiri, J., Savinainen, A., (2004) citen a (Kozma, 2003)].

Aquest és un aspecte important a tenir en compte ja que les dades d'aquesta recerca s'han obtingut, com ja veurem més endavant, a partir d'una representació gràfica que ha realitzat l'alumnat, la corresponent explicació escrita i una entrevista enregistrada sobre el que s'havia representat. Així doncs, l'ús de diverses representacions (gràfica, text i diàleg) de l'alumnat a l'hora d'expressar els seus coneixements pel que fa a la predicció de les gràfiques $v-t$ és un aspecte que cal tenir en compte des de la perspectiva de les Múltiples representacions.

És molt útil pels objectius d'aquesta recerca tenir en compte els estudis que analitzen la coherència i la desimboltura de l'alumnat a l'hora d'interpretar i moure's entre les múltiples representacions. Les dades que s'han obtingut per a respondre les qüestions de recerca corresponen a diferents representacions i/o expressions (gràfica, text i oral) del fenomen per part de l'alumnat. Tenir en compte els estudis que analitzen aquests aspectes de relació entre diferents representacions pot ajudar a enfocar correctament la recerca. Per altra banda, les dades obtingudes mitjançant múltiples representacions poden ajudar altres estudis relacionats amb aquest aspecte.

3.2.2. MBL

Són molts els estudis (Fernández, C., Oro, J., Pintó, R., 1996 ; Ellis, G. W., Turner, W. A., 2002; Sassi, E., 1997, només per citar-ne alguns) que analitzen l'aprenentatge de l'alumnat a partir de l'ús del MBL així com les millores que ofereix aquesta nova tecnologia a l'hora d'ensenyar ciències i la forma òptima d'utilització al laboratori.

Una de les característiques que sol tenir aquest tipus de tecnologia és que l'alumnat observa en temps real el fenomen i la representació gràfica de les dades, de manera que queden intrínsecament lligats l'ús del MBL i la interpretació de gràfiques. A la vegada, la majoria d'estudis sobre aquest camp necessiten saber quines són les dificultats de l'alumnat abans, durant o després de l'ús del MBL. D'aquesta manera, i de cares a la nostra recerca, les recerques centrades en el MBL ens donen informació molt útil respecte a la interpretació de les gràfiques per part de l'alumnat així com les principals dificultats que tenen a l'hora de interpretar-les o fins i tot de fer prediccions.

L'ús del MBL és un pilar fonamental pel que fa a la pràctica de laboratori que ha motivat la recol·lecció de dades de la present investigació però malgrat tot, aquesta no és una recerca que avaluï des de cap perspectiva l'ús del MBL a les aules de ciències. La recol·lecció de les dades d'aquesta recerca s'ha fet en un moment de la pràctica on l'alumnat encara no havia utilitzat cap element de MBL.

3.2.3. Dificultats en la interpretació de gràfiques

Quan es parla de les dificultats que presenta l'alumnat a l'hora de representar gràfiques, els estudis se centren molt en el que Fernández et al. (1996) anomenen confusió de variables i que basen en dos punts:

- El primer és degut a la similitud de gràfiques de diferents variables en diferents moviments (per exemple, tant la gràfica $x-t$ d'un MRU com la gràfica $v-t$ d'un MRUA, s'identifiquen amb una recta que té un cert pendent).

Segons Beichner (1994), en aquests casos l'alumnat sovint passa d'una gràfica amb unes variables a una altra amb unes variables diferents sense tenir en compte que la representació ha de variar. I això pot explicar-se considerant que l'alumnat creu que les diferents variables cinemàtiques es comporten igual, o de forma molt semblant, i que per tant la seva representació gràfica ha de ser idèntica o molt similar.

- L'altre motiu està relacionat amb el llenguatge col·loquial de l'alumnat i la confusió quotidiana entre velocitat i acceleració. *Accelerar* pot significar anar a més velocitat en comptes de incrementar la velocitat i *Frenar* pot significar menys velocitat en comptes de disminució de la velocitat.

Aquest últim aspecte també l'assenyala Meltzer (2002).

Partint de la recerca de Sassi (1997), *Computer based laboratory to address learning/teaching difficulties in basic physics*, podem fer una llista de les principals dificultats d'aprenentatge amb les quals es troba l'alumnat a l'hora d'interpretar gràfiques i relacionar les diferents variables cinemàtiques:

- Confusió entre $x(t)$ i la trajectòria geomètrica del moviment. (Caminar al llarg de la mateixa línia de diferents maneres). Aquesta mateixa dificultat a l'hora d'interpretar gràfiques també l'assenyala Denise (1999) i Beichner (1994) i l'anomenen error GAP (de l'anglès graph-as-picture error), en la qual l'alumnat espera que la gràfica sigui una representació gràfica del fenomen que es descriu.
- Dificultats amb el concepte de velocitat negativa i confusió entre inversió de moviment (un zero a la gràfica $v(t)$) i un canvi en el signe del pendent de $v(t)$.
- Confusió entre els canvis de magnitud de la velocitat i el signe i la magnitud de l'acceleració. Per exemple, associar que si cada vegada es va més ràpid l'acceleració és positiva, si es va més a poc a poc amb acceleració negativa i velocitat instantània zero amb acceleració zero. Aquest aspecte també el comenta Beichner (1994), l'anomena confusió pendent/alçada, i ho descriu com la tendència de l'alumnat a llegir els valors dels eixos i assignar-los directament al pendent de la gràfica. En general, l'alumnat no relaciona que un major pendent en una gràfica $x-t$ correspon a una major alçada en una gràfica $v-t$ (ídem per $v-t$ i $a-t$).
- Confusió entre passar en la mateixa direcció o en direcció oposada. Per exemple quan dos alumnes caminen de forma regular, es creuen i representen un sistema d'equacions de dues línies rectes.
- Dificultats a l'hora de correlacionar diferents representacions analítiques de gràfiques de cinemàtica amb representacions en termes de les característiques físiques del moviment. Per exemple, $v(t)$ com a una tangent local de $x(t)$ i $a(t)$ com a tangent local de $v(t)$.
- Dificultats amb les múltiples representacions (en diferents espais abstractes) del mateix fenomen (moviments de l'alumnat apropant-se i allunyant-se del sensor de distància a partir de l'estudi d'una gràfica $v(t)$).

Una altra de les dificultats d'aprenentatge més estudiades (Sassi, 1997) és la relació entre força i moviment. És ben conegut que el sentit comú sovint (Viennot L., 1979).

A més a més, Ellis, G. W. i Turner, W. A. (2002), mencionen en la seva recerca que l'alumnat té tremendes dificultats en situacions en les quals la velocitat instantània és zero mentre que

l'acceleració no ho és, com en el cas d'una pilota a dalt de tot de la seva trajectòria abans d'iniciar la caiguda lliure. Aquest tipus de dificultat està relacionat, només des del punt de vista cinemàtic amb el que cita Viennot L., (1979).

Beichner (1994), en la seva recerca sobre les dificultats de l'alumnat a l'hora d'interpretar les gràfiques en cinemàtica, tracta altres tipus de dificultats:

- L'alumnat sol trobar correctament els pendents de les gràfiques (línies rectes) que passen per l'origen, però no obstant, té problemes a l'hora de determinar els pendents de les línies (o les corresponents línies tangents a la corba) si la gràfica no passa per l'origen de coordenades.
- En problemes de cinemàtica, a l'hora de calcular l'àrea sota la corba, l'alumnat no és capaç de donar cap significat al que està fent. Quan calculen àrees sovint cometen errors de càlcul perquè prenen valors de la gràfica (pendents o valors dels eixos) que són inadequats pel que es vol fer.

També és Beichner (1994) qui apunta que l'alumnat creu que en cinemàtica, les diferents variables es comporten igual o de forma molt semblant i per tant s'han de representar gràficament de forma idèntica o molt semblant. A més a més, sosté que l'alumnat no entén bé les definicions bàsiques perquè sovint creuen que les gràfiques v-t han de ser semblants a les corresponents gràfiques x-t perquè "la velocitat és espai dividit per temps".

Per acabar aquest apartat, i anant una mica més enllà, crec que és interessant fer una breu pinzellada als models mentals de l'alumnat i com aquests poden afectar a la interpretació i representació de les gràfiques.

Gutiérrez (2000), citant alhora Vosniadou, explica en detall la construcció d'un model mental: Els models mentals són representacions mentals dinàmiques que poden ser manipulades mentalment per tal d'explicar fenòmens físics i fer prediccions sobre l'evolució de sistemes en el món físic. La seva importància és essencial, ja que els models mentals que utilitzen les persones són l'estructura a on es pot incorporar i processar la nova informació, de tal manera que un determinat model mental que posseeixi la persona actua també com una restricció al procés d'adquisició del coneixement, de forma semblant a com ho fan les creences i a les pressuposicions.

Tal i com he comentat anteriorment (fent referència a les motivacions personals de perquè és més difícil entendre la velocitat que la posició) el concepte de velocitat és més complicat d'entendre per a les persones que no pas el de la posició o la distància. Així doncs, una cosa és parlar de velocitat i utilitzar el terme en un context de llenguatge quotidià (que des de la Física n'hi diríem rapidesa) i una altra molt diferent és entendre el concepte físic. En general, els models mentals que ajuden a les persones a entendre els conceptes bàsics de posició i el de velocitat són diferents (independentment de si com a científics ho mirem des de la perspectiva de la cinemàtica o no). En concret, el model mental bàsic en el qual ens basem per a entendre el concepte de velocitat inclou (o s'espera que així sigui) el model mental bàsic de la posició o la distància. Aquests models mentals bàsics solen ser, d'entrada, implícits i no són més que representacions adquirides sobre el món que ens permeten detectar les seves regularitats, fent-lo més previsible i controlable (Pozo, 1999). Aquests models s'anomenen implícits (en el sentit que la persona no els fa explícits perquè sovint són pautes adquirides de forma inconscient) i s'adquireixen al llarg de la vida, independentment de la formació de cadascú.

És llavors, en el moment que l'alumnat ha d'aprendre els models científics (per exemple cinemàtica), que estan elaborats amb un determinat llenguatge, quan se sol trobar amb obstacles cognitius ja que ha de ser capaç d'englobar els seus models implícits (coneixements previs sovint farcits de concepcions alternatives) en el nou model més ampli (Pozo, 1999), Gutiérrez (2000).

3.3. Altres marcs teòrics i/o empírics que poden ajudar a la interpretació de les dades

Al llarg de les pràctiques amb l'alumnat hem anat percebent la necessitat d'introduir altres marcs no convencionals per tal d'explicar el traçat sobre el paper d'unes formes que han de correspondre a com un individu percep un fenomen, en aquest cas un moviment i unes variables que han de donar-ne comte de la seva evolució temporal.

En el cas que l'alumnat tingui molt clar el model físic i sàpiga deduir les gràfiques v-t en funció de les gràfiques x-t o de l'anàlisi de forces (independentment de si els seus coneixements són correctes o no), no s'apliquen aquests criteris ja que se suposa que la predicció es farà en funció de certs models, més o menys correctes, i de certs criteris científics i que per tant no hi haurà lloc al dubte.

La introducció aquí d'aquests marcs teòrics poc habituals s'ha d'interpretar, de moment i fins que no hi hagi més recerques que ampliïn o rebatin aquestes perspectives, com a possibles hipòtesis. A més a més, el fet de recórrer a les possibles explicacions que ens ofereixen aquests marcs conceptuals no s'ha d'aplicar en tots els casos, sinó únicament en el cas de que l'alumne, en algun moment de la predicció dubti, explícitament o no, de la gràfica que ha de representar.

3.3.1. Desitjabilitat social

La desitjabilitat social és un concepte encunyat des de la psicologia. Fa referència a la inclinació o necessitat del individu a actuar davant dels altres de manera que la seva resposta o actitud, sigui acceptada. Segons Paulhus (1991) és la *"Propensió de qui respon, a donar respostes socialment desitjables"*.

Des del punt de vista experimental i relacionat amb la presa de dades d'aquesta recerca, la desitjabilitat social és la tendència que té l'alumnat (en aquest cas subjecte de l'experiment) a respondre allò que se n'espera d'ell o fins i tot a afavorir d'alguna manera el resultat experimental en funció dels desitjos del professor (que en aquest cas és l'experimentador).

En general totes les persones, com a éssers socials que som, tenim la tendència natural a cercar cert grau d'acceptació social. La desitjabilitat social pot esdevenir un escull de dificultats a l'hora de fer recerca, ja que quan els subjectes de la investigació (en aquest cas l'alumnat) ofereixen respostes més o menys influenciades pel desig de ser socialment acceptats, els resultats obtinguts de la recerca poden ser confusos. Aquest és un dels motius pels quals crec que és interessant no obviar aquest aspecte a l'hora d'analitzar els resultats. Tot i que una altra cosa és com podrem mesurar la presència de la Desitjabilitat social o tenir-la en comte en l'anàlisi de les dades.

3.3.2. La conducta davant el full en blanc

Tal i com explica Mora, D. (Fonta, E. & Simón, J., 1997), quan escrivim "ens enfrontem a un món buit (...). Res no hi ha fet, tot resta indiferenciat, pendent que la nostra creació li atorgui caràcter d'individualitat, però, des del moment que la voluntat pren la intenció d'envair l'espai de la pàgina, aquesta, queda integrada dintre del nostre món". És per això que l'alumnat, conscient en aquest cas que el que representi en la gràfica serà una representació gràfica dels seus coneixements, es pot trobar amb una sèrie de dubtes sobre la matèria que s'evidencien en el moment de començar la predicció, o durant la predicció.

Quan es vol analitzar la signatura d'un individu, sovint se li demana que signi en un full en blanc. El primer anàlisi que es fa és el de la ubicació de la firma en el paper. La banda esquerra del paper està relacionada amb el passat, l'origen, el jo íntim, etc. (Giner, 2006). En general, si s'ha signat a la banda esquerra del full (1, 4 i 7 de la figura següent), els grafòlegs consideren que el individu té una personalitat més reservada. Hi ha distincions en funció de si ho ha fet a dalt, a baix o al mig que ara no ampliarem per no allunyar-nos molt del nostre objectiu. El fet d'escriure d'esquerra a dreta es pot interpretar com que "quedar-se" a l'esquerra vol dir reserva i dubte (passat) a l'hora de tirar endavant. En el cas d'una gràfica, l'esquerra simbolitza l'origen, ja que a als països d'occident s'inicia l'escriptura per dalt a l'esquerra. S'estableix doncs, en termes generals i en el cas concret d'aquest

anàlisi, que signar a la banda de l'esquerra (a l'origen) es pot considerar un indicador d'estar poc disposat a manifestar-se (o d'una personalitat més reservada). El mateix raonament implica que, en un afany protector, qui dubta (o qui és més reservat) tindrà més tendència a escriure a l'origen.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Full en blanc amb 9 zones característiques per a signar-hi.

En el nostre cas estem analitzant prediccions, i en aquest cas l'origen no és la banda esquerra del paper, sinó que el punt més reservat que hi ha en una gràfica, és l'origen de coordenades, allà on neixen els eixos i s'inicia la quantització de les magnituds.



Eixos de coordenades. Com més gris, més proper a l'origen.

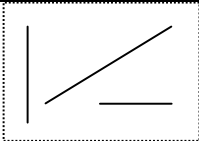
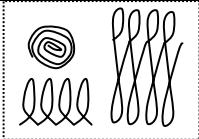

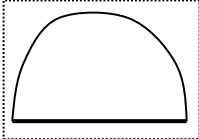
Si en el full de paper, els sectors 1 i 7 corresponien a les cantonades més recollides i properes al inici, podem veure com a la imatge anterior les zones més recollides corresponen a la intersecció dels dos eixos, l'origen. Fins i tot podríem fer una analogia gràfica i observar que la meitat superior i la meitat inferior dels eixos correspon a les cantonades dels sectors 7 i 1 del paper respectivament. Així, podríem fer una analogia entre el full en blanc i els eixos a on l'alumnat havia de predir la representació gràfica de la velocitat-temps. Com a dada a tenir en compte, i que pot jugar en contra d'aquesta hipòtesis, cal mencionar que totes les prediccions de l'alumnat s'iniciaven a l'eix temps = 0, ja que no es contemplaven a la gràfica la possibilitat de temps negatius (en referència a temps anteriors a l'instant en que s'inicia el fenomen a estudiar).

Si bé en el punt anterior afirmàvem que la desitjabilitat social era un aspecte de la psicologia estudiat i amb prou evidències, en aquest cas, el que fa referència a les actituds davant el full en blanc no és un aspecte de la psicologia on hi hagi una convergència absoluta d'opinions. És per aquest motiu que, més que en el cas anterior, la possible relació entre el que s'ha explicat del full en blanc i la forma com l'alumnat pugui fer les prediccions de les gràfiques v-t s'ha de prendre com una hipòtesis d'arrel, a on no hi ha de moment suficients recerques que puguin recolzar, ni rebutjar, el que estem insinuant.

3.3.3. Gargots inconscients

Alguns autors, especialment analitzant els grafismes dels més petits, han arribat a algunes conclusions respecte els seus gargots espontanis. Els grafismes anomenats Gargots espontanis o Dibuixos inconscients, són expressions gràfiques no condicionades a una demanda externa i per tant, sorgeixen de forma espontània. Des de la perspectiva de la recerca que ens ocupa, aquestes conclusions podrien aplicar-se a les gràfiques de les prediccions.

A continuació descrivim una sèrie de grafies amb les interpretacions més acceptades (Estrada, 1991):

	Grafia	Interpretació
	Línies rectes	Racionalitat, gran recorregut unidireccional, desplaçaments, dinamisme, etc.
	Línies corbes obertes periòdiques i espirals	Traçat agradable, ornamental, decoratiu, ambivalència, dubte, etc.
	Línies corbes tancades de forma natural	Tancament final del traçat complaent, estilitzacions formals.
	Línies corbes tancades de manera més o menys forçada	Tancament protector.

La introducció aquí d'aquest punt de vista s'ha d'entendre només com a hipòtesis. Recordem també que la validesa de l'anàlisi des d'aquesta perspectiva està condicionat al fet que l'alumnat, en major o menor mesura, no sàpiga com fer la predicció. Així doncs això és només una possible forma d'interpretació sense entrar a discutir la personalitat o l'estat anímic de l'alumnat. Només com a possible exteriorització del dubte davant d'una qüestió que no sabia com resoldre.

3.3.4. Criteris estètics

Partim de la base que, almenys des del meu punt de vista, una gràfica no és una representació artística, ja que l'autor de la gràfica no ha volgut expressar sentiments, sensacions, estats d'ànim o formes de veure el món. Una gràfica és una forma racional de representar un conjunt de dades, que podem trobar en els mateixos formats de les representacions artístiques com una pintura, un esbós o fins i tot una escultura o una maqueta.

Inicialment fem la següent hipòtesis: tot i que conceptualment una gràfica no és cap tipus de representació artística, m'agradaria fer un parèntesis i dur a terme el següent exercici. Intentem posar-nos en el cas d'una persona que, pels motius que sigui, no sap llegir, interpretar o analitzar gràfiques. Quan aquesta persona observa una gràfica, què hi veu? A partir d'aquí, i tenint en compte que és una generalització, crec que no m'equivoco gaire si faig la hipòtesis que la majoria de persones, tot i identificar que es troben davant una gràfica, es fixaran bàsicament en la forma (una recta, un triangle, mitja circumferència, etc.), com a dibuix, i no en les dades o en el tipus de fenomen que representa. Fins i tot moltes persones que, en teoria, som capaces d'interpretar gràfiques, crec que la primera imatge que ens ve al cap quan en veiem una fa referència al concepte de dibuix, més que no pas al concepte de representació de variables d'un fenomen. Amb tot això pretenc fer notar que malgrat que les gràfiques són representacions estructurades de dades, sovint les mirem, almenys d'entrada, des d'una perspectiva més artística o estètica i menys científica

La hipòtesi que aquí fem és doncs que en observar inicialment una gràfica, li assignem inconscientment alguna forma coneguda (quadrat, triangle, etc.) de la qual podem fer-nos-en una representació mental, que puguem associar a alguna cosa coneguda, valorant més la component estètica que ens proporciona a primera vista i potser menys la informació que ens dona.

Al llarg de la història de la humanitat sempre hi ha hagut certes formes que s'han considerat més belles (més agradables a l'hora de percebre-les o interpretar-les), que han variat lleugerament en funció de la cultura, el moment històric, etc. Per exemple, com a mínim des del punt de vista estètic, no és el mateix observar un gargot que un cercle (Wagensberg, 2004). El gargot ens crea una sensació de complexitat i de quelcom inacabat, imperfecte. Inconscientment, el nostre cervell necessita esforçar-se per a trobar un significat al gargot i així poder desxifrar i relacionar-nos amb el món que ens envolta. Per altra banda, seguint les tesis de Plató, el cercle, símbol de completitud, de quelcom acabat, ens genera inicialment una sensació de satisfacció. Cal tenir en compte també que en aquest exemple, el cercle té infinits eixos de simetria i el gargot no. Sense entrar a valorar si a la llarga ens serà més agradable observar el gargot o el cercle, sí que és evident que d'entrada valorem les formes en funció de la seva estètica: simetria, capacitat d'identificar la forma amb quelcom conegut, facilitat per a reproduir-ho posteriorment, etc.

3.3.5. Principis de la percepció

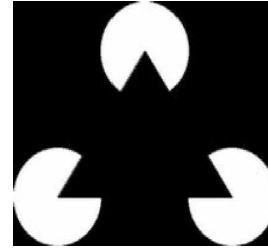
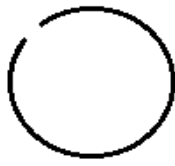
Els principis de la percepció provenen d'estudis de psicòlegs de la Gestalt en observar en un laboratori de psicologia experimental com el cervell humà organitza les percepcions com a totalitats (Gestalts). Aquests principis tracten aspectes perceptius generals però per al interès d'aquesta recerca només ens centrarem en unes quantes. Es demostra que en un procés de percepció, el cervell fa la millor organització possible dels elements que percep i les lleis de la percepció expliquen com es fa aquesta organització.

Aquests principis, també anomenats **Lleis de la Gestalt**, són fonamentals per a comprendre millor el funcionament de la ment humana, partint de la base, això sí, que la percepció és la base del coneixement del món i per tant de la forma com la persona es relaciona amb aquest món. Segons Castaneda (1972), una descripció del món passa a ser la interpretació vàlida del nostre món i assenta les bases del que anomenem la realitat. De totes maneres, les implicacions i discussions sobre aquest camp són un aspecte que queda fora de l'abast d'aquesta recerca i que aquí només s'enuncien. Independentment de com s'adquireixi la nova informació, el que sí sembla que està clar és que per tal de poder organitzar el caos inicial que pugui suposar d'entrada la recepció de nova informació, la ment estructura els nous coneixements en base als models mentals previs ja establerts.

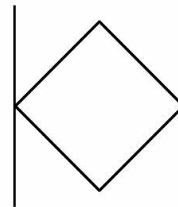
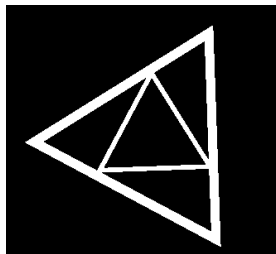
Els principis de la percepció que més ens interessa destacar són el de tancament i el de simplicitat:

Principi de tancament (o de completitud): Les formes tancades i acabades són més estables visualment, la qual cosa fa que en un primer moment, tendim a tancar i a completar amb la imaginació les formes percebudes tot i cercant una major organització. Les formes obertes o inconcluses provoquen incomoditat i hi ha una tendència a completar mentalment allò que falta. Aquesta llei es pot aplicar en múltiples camps del coneixement però en el nostre cas ens centrarem només en la forma de les prediccions de les gràfiques i l'anàlisi de la possible tendència a acabar les gràfiques a l'eix d'abscisses.

A continuació hi ha un parell d'exemples que pretenen il·lustrar aquest principi. En el primer cas, hi ha una tendència natural inicial a tancar el cercle. En el segon cas, la tendència està en definir mentalment el triangle que sembla sorgir entre les tres figures blanques.

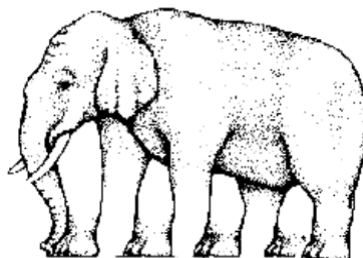


Principi de simplicitat (o de pregnància, o de la bona forma): Aquest és un dels principis fonamentals de la corrent de la Gestalt. Afirma que, en igualtat de condicions, hi ha una tendència a percebre les formes més simètriques, integrades i estables possibles (això inclou el sentit de la perspectiva, el volum i la profunditat). Així les persones organitzen els seus camps perceptius amb trets simples i regulars i tendeixen a percebre la millor forma possible. Les següents imatges poden ajudar a il·lustrar aquest principi.



Inicialment, en el primer cas es percep amb major claredat el triangle interior ja que és més estable que l'altre (tot i ser més gran i tenir un contorn més gruixut. En el segon cas, es percep un diamant o un rombe, però no les dues lletres "k" cara a cara. Una mostra de que es tendeix a captar la forma més simple.

Aquest principi és molt general i a la vegada involucra d'alguna manera altres principis ja que el cervell prefereix també formes tancades i/o contínues (principi de tancament, principi de continuïtat) i amb bon contrast i ben definides (principi figura – fons). Sovint intentem definir allò que no està acabat ja que les percepcions difuses o ambigües transmeten una certa sensació de desconexença i això provoca una certa inquietud i/o malestar intern.



Com a exemple del que s'acaba de comentar, hi ha les dues imatges anteriors que, com les obres d'Escher, provoquen inicialment una certa inquietud. La causa és que la percepció intenta resoldre-les com a entitats conegudes (elefant, columnes) tot i no ser-ho.

4. Disseny experimental

El disseny experimental és una suma de tots els passos que s'han dut a terme per a analitzar les dades obtingudes i intentar respondre les qüestions de recerca:

- **Quins problemes o dificultats pot tenir l'alumnat a l'hora de predir gràfiques v-t?**
- **Quins criteris i patrons de dibuix utilitza a l'hora de representar les corresponents gràfiques?**

Per assolir doncs l'objectiu de la recerca, es proposa una activitat de laboratori en la que s'inclou fer prediccions i es proposa a alguns alumnes que facin una predicció, se'ls pregunta si es deixaran enregistrar la veu i es passen a recollir els qüestionaris amb les prediccions i l'escrit corresponent i a enregistrar les entrevistes.

Al llarg d'aquest punt es descriu com s'ha dissenyat tot l'experiment per tal d'assolir les qüestions de recerca.

4.1. Desenvolupament previ de l'activitat

En aquest apartat es descriu detalladament la part de l'activitat que es duu a terme abans de recollir les dades experimentals. Crec que és important explicitar el context de l'activitat per ajudar a entendre què fa l'alumnat i com és la interacció professor-alumnat a l'hora de la recollida de dades. D'aquesta manera, es veuen els comentaris i les aportacions que hi ha en el desenvolupament previ de l'activitat, a banda de mostrar la part corresponent del dossier de pràctiques que tenia l'alumnat al llarg de la pràctica (Annex 1).

L'activitat es desenvolupa en un laboratori i hi són presents l'alumnat (entre 15 i 35 persones), el professorat del centre assistent que acompanya a l'alumnat a la pràctica (entre 1 i 3 persones), els monitors de l'activitat (1 o 2 persones) i el professor de la pràctica. L'alumnat es distribueix per grups. Hi ha entre quatre i dos alumnes per grup (que és un nombre d'alumnes que al llarg dels anys hem vist que era l'òptim per a realitzar aquest tipus de pràctica), depenent del nombre d'equipaments complets i del nombre d'assistents. Al llarg de l'activitat es promou la discussió entre l'alumnat del grup i en certes ocasions, la discussió entre tot el grup classe. Quan l'alumnat discuteix, es procura que els monitors, el professorat del centre i el professor de la pràctica, estiguin alerta als comentaris de l'alumnat per tal de solucionar dubtes i procurar que aprofundeixin en les discussions sense donar respostes immediates.

Cada alumne disposa d'un dossier que ha d'omplir de forma individual però amb una resposta consensuada per part de tot el grup. Al inici de la pràctica s'informa a l'alumnat que en acabar, es recollirà un dossier (escollit a l'atzar) de cada grup. Això es fa, entre d'altres motius, per tal de promoure que tot l'alumnat s'involucri de forma activa en l'activitat. Sovint són els mateixos professors del centre que, amb els mateixos objectius o no, demanen també els dossiers. Al llarg de la sessió es promou que s'exposin tot tipus de preguntes i dubtes relacionats amb la pràctica.

A continuació hi ha una descripció, enfocada cap a la pregunta de recerca i a la recol·lecció de les dades, que il·lustra com ha estat el desenvolupament de l'activitat des del inici fins just abans de la recollida de dades. Per a veure el dossier sencer, cal veure l'annex 1.

A continuació hi ha una descripció del que es feia en cadascun dels punts del dossier. Les corresponents explicacions tenen com a objectiu contextualitzar la pràctica.

1. Problema a resoldre.

En aquesta primera secció s'exposa la pregunta clau que motiva la realització de l'activitat i s'enuncien les diferents parts que tindrà la pràctica i els objectius proposats per a cada part i per al global.

2. Equipament utilitzat per a resoldre el problema

Es descriuen els diferents elements que formen part de la pràctica: ordinador, recol·lector de dades, sensor de distància i dispositiu experimental (carret, carril, tirador elàstic, polítila, contrapès, etc.). S'explica el funcionament del sistema de captació de dades i del sensor de distància. Es mostra el funcionament del dispositiu experimental i es donen petits consells per a què el moviment del carret sigui el que s'espera.

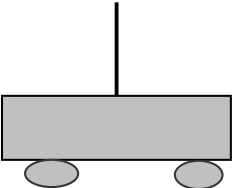
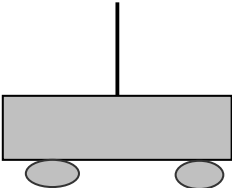
3. Llançament del carret i anàlisi del seu funcionament

Es demana a l'alumnat que faci uns quants llançaments del carret. L'alumnat ha de respondre les preguntes corresponents i se'ls incita a discutir entre ells per tal que la resposta final sigui consensuada. Aquí és on comencen a aparèixer certes discrepàncies, molt fructíferes per al seu aprenentatge, entre els diferents components de cada grup ja que afloren les primeres concepcions alternatives. Abans de respondre, s'intenta aclarir que, tot i que més o menys tothom sàpiga el que passa al llarg del fenomen a estudiar, s'està en una classe de física i per tant s'han d'utilitzar conceptes adequats i, sobretot, utilitzar-los de forma coherent. Per exemple, es pot explicar el mateix fenomen en termes de dinàmica o d'energia, però s'ha de ser coherent, fent servir durant tota l'estona el mateix marc conceptual.

En acabar de respondre les preguntes, el professor demana a tres o quatre alumnes que exposin les seves respostes. Alhora, procura enfrontar les diferents versions, amb aportacions personals i fent "d'advocat del diable" per tal de generar un debat constructiu. Finalment, a la vegada que es reproduceix el fenomen, es dona l'explicació acceptada científicament del fenomen, des del punt de vista de la dinàmica i des del punt de vista dels balanços energètics.

3b. Anàlisi de forces

En aquest punt se sol fer un parèntesis en l'estructura natural del dossier. Es demana a l'alumnat que en un racó del dossier hi representin dos esbossos del carret. En el primer hi han de representar les forces que actuen sobre el carret a l'anada (des del punt d'arrencada, que també en diem la goma, cap al sensor) i en el segon les forces a la tornada (del sensor cap a la goma). S'insisteix en el fet que cada força de les que es representen ha de tenir una causa amb un nom conegut. Això es fa per tal d'intentar evitar el ja conegut fet (Sassi, 1997) que l'alumnat s'inventi forces. Val a dir que malgrat tot, l'alumnat generalment sol inventar-se forces en la direcció del moviment.

Forces a l'anada	Forces a la tornada
	

Es deixa un període de temps per a que representin les forces, ho discuteixin entre ells i donin una resposta comuna com a grup. Llavors, de forma ordenada, es demana que cada grup indiqui alguna de les forces que han representat. Es va fent el mateix a la pissarra. En acabar de representar les forces per als dos casos, es pregunta si tothom hi està d'acord per tal de discutir i arribar a la solució final i científicament acceptada.

Aquest és un punt molt important per a l'objectiu d'aquesta recerca, ja que si s'entenen correctament les forces que actuen tant a l'anada com a la tornada es fa un pas cognitiu molt important a l'hora de poder representar correctament la predicció de la gràfica v-t (Sàez, et al, 2005)

4. Predicció de la gràfica posició-temps del moviment

En aquest punt es demana a l'alumnat que faci l'exercici de cinemàtica. Ho fa cada grup i llavors es posen en comú totes les respostes. Aquesta part no sol resultar massa complicada per a

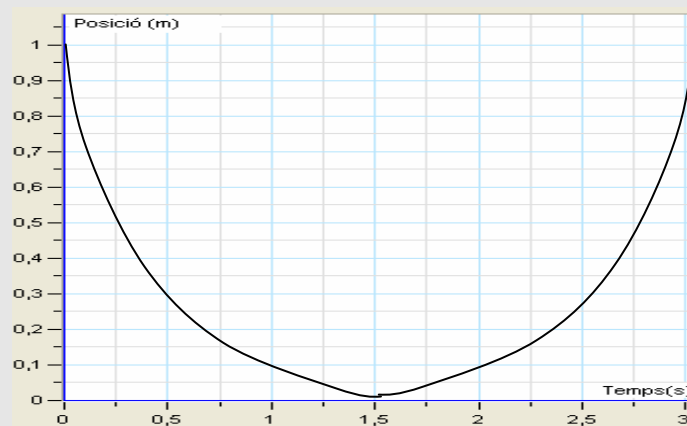
l'alumnat, però és molt útil per la part que ve a continuació, ja que és una de les més importants de la pràctica: la predicció de la gràfica $x-t$.

Abans d'iniciar la predicció cal definir una sèrie de paràmetres:

- El rang de mesura del sensor de distància.
- L'origen de coordenades, que s'estableix al sensor.
- Criteri de signes per a la posició (positiu davant del sensor) i per a la velocitat (negativa quan el carret va cap al sensor i positiva a la tornada).

A l'hora d'establir els paràmetres anteriors, es demana a l'alumnat que doni les seves versions, llavors es posen en comú i es discuteixen. Finalment es justifica l'elecció anterior (en el cas que no s'hi hagi arribat de forma natural).

Llavors, i en funció dels paràmetres anteriors, es demana a l'alumnat que faci la predicció (consensuada amb el grup després de la corresponent discussió) i la representi. Es recorda la importància de tenir en compte si el carret tarda el mateix temps a l'anada que a la tornada o no. Es promou que l'alumnat llenci el carret unes quantes vegades més per tal de recordar millor el fenomen i sàpiga què és el que ha de representar a la gràfica. Al llarg de la predicció, s'ajuda a l'alumnat però no es donen respostes, de manera que la verificació de la hipòtesis de la predicció es faci en el moment que es mesuri amb tot l'equipament MBL.



L'alumnat en general sol fer unes bones prediccions $x-t$. Aquest és un exemple d'una de les més comunes: correcte en línies generals però simètrica (no tenir en compte l'anàlisi de forces a l'anada i a la tornada, independentment del que sembla veure's en el fenomen) i que s'atura a $x = 0$ (no tenir en compte el rang del sensor i no observar el fenomen amb tots els seus detalls).

És en aquest punt de la pràctica a on es comencen a recollir les dades d'aquesta recerca.

4.2. La població de l'estudi

En aquesta recerca s'investiga un aspecte directament relacionat amb els coneixements de l'alumnat i la forma com aquests els utilitzen i els expressen. És per aquest motiu que les dades de la recerca varen ser obtingudes directament de l'alumnat assistent a les sessions del projecte REVIR, durant el desenvolupament normal de la pràctica.

Les pràctiques del REVIR s'ofereixen a tots els centres educatius (públics, concertats i privats) de Catalunya. Que els centres participin o no en aquestes sessions depèn bàsicament de dos factors. El primer de tots és la necessitat de que hi hagi una compatibilitat de calendari i horària entre el centre interessat i les sessions REVIR. La segona i fonamental és el interès que pugui tenir el professorat a l'hora d'aprofitar sortides fora del centre específiques de ciències que permetin ampliar els horitzons de coneixement del seu alumnat.

El fet de que un centre assisteixi a una sessió del REVIR sol ser independent de si a classe ja han donat el tema corresponent, l'estan donant o s'ha de donar. Al inici de cada pràctica m'intentava informar del temari que havia donat cada professor per a tenir en compte què hauria de saber l'alumnat i a partir d'aquí anar ampliant o repassant conceptes. Simplement s'adapta l'activitat en funció del que s'hagi tractat prèviament a classe i per altra banda, consultava al professorat assistent per si volien que a partir de l'activitat que dúiem a terme, creien convenient que aprofundís més en algun o altre tema.

A continuació hi ha una taula on es mostra la informació relativa als grups, tots ells de primer de Batxillerat, que han participat en la recol·lecció de dades del present treball:

Data	Centre	Població	Tipus de Batxillerat	Nombre total d'alumnes	Nombre d'entrevistes
14/12/07	IES Gerbert d'Aurillac	Sant Fruitós de Bages	Públic	24	4
07/02/08	IES Llobregat	Sallent	Públic	11	5
19/02/08	IES Francesc Ribalta	Solsona	Públic	22	4
21/02/08	Escola Sant Gervasi	Mollet del Vallès	Privat	33	4
11/03/08	IES Barcelona Congrés	Barcelona	Públic	20	4
13/03/08	IES Miramar	Viladecans	Públic	18	4
28/10/08	IES Arquitecte Manel Raspall	Cardedeu	Públic	30	4
04/11/08	Escola Pia Granollers	Granollers	Privat	39	3
25/11/08	IES Infanta Isabel d'Aragó	Barcelona	Públic	30	2
13/01/09	IES Vilassar de Mar	Vilassar de Mar	Públic	25	7
16/01/09	Escola Pia Sabadell	Sabadell	Privat	25	6
23/01/09	IES Matadepera	Matadepera	Públic	34	6
06/02/09	IES Icària	Barcelona	Públic	29	4
Total d'entrevistes					57

A partir de les dades de la taula anterior es pot observar que els tretze centres procedeixen de llocs bastant variats, generalment de la província de Barcelona. El fet que tots els centres provenguin de zones properes a la capital catalana és degut bàsicament a motius de desplaçament. Malgrat tot, creiem que hi ha una gran diversitat de centres, tant pel que fa a la ubicació, a l'entorn socioeconòmic a on es troben o al nivell de cada grup que assistia a les pràctiques. Aquesta diversitat és una característica que ajuda a l'hora d'intentar generalitzar els resultats (tot i ser conscients de que es tracta d'una mostra molt reduïda i relativament poc significativa). A més a més, veiem que del total de centres, n'hi havia tres de privats (o concertats) i deu de públics.

A banda d'aquestes dades, també s'han recollit qüestionaris i entrevistes de diversos grups de segon de Batxillerat i de quart d'ESO. En el moment de recollir les dades es va creure oportú obtenir el màxim d'informació possible però veient la quantitat d'informació que s'obtenia analitzant només l'alumnat de primer de Batxillerat, s'ha considerat convenient no utilitzar la resta de dades i deixar-les en tot cas per a futures recerques.

4.3. Instruments i estratègies

4.3.1. Instruments utilitzats per a respondre la qüestió de recerca

Tenint en compte que la qüestió de recerca fa referència als criteris i patrons que utilitza l'alumnat a l'hora de representar les prediccions de les gràfiques v-t i quins raonaments utilitza a l'hora de fer-ho, necessitava dades de prediccions dutes a terme directament per l'alumnat. Per tal d'aconseguir les prediccions, vaig pensar que la millor manera era demanar que em responguessin un **qüestionari** que incloïa un espai per a la predicció i una segona part per a l'explicació escrita del que s'havia representat. Crèiem que hauria estat molt pobre analitzar únicament les gràfiques obtingudes de l'alumnat, i segurament l'anàlisi hauria estat massa personal i descriptiu. Amb la intenció d'aprofundir més en les dades obtingudes i aconseguir uns resultats més fiables, es va decidir també que, donada l'oportunitat de la qual disposava com a professor, em proposés realitzar una **entrevista** personalitzada a cadascuna de les persones que havia respost el qüestionari. D'aquesta manera m'interessava recollir dades de forma molt personalitzada, podent aprofundir més en el tema de recerca i tenint la possibilitat d'intervenir d'alguna manera en el procés d'aprenentatge de l'alumnat per a poder conèixer la forma com aquest col·lectiu aprenia uns conceptes que, com a físic i com a professor, crec que són d'un interès fonamental.

D'aquesta manera, el qüestionari esdevenia la base d'obtenció de les dades i l'entrevista una eina que em permetés:

- Analitzar la coherència de l'alumnat a l'hora d'utilitzar múltiples representacions.
- Aprofundir en el seu coneixement i preguntar directament el que m'havia de guiar cap a respondre les qüestions de recerca.
- Atorgar a les dades una forma de validesa que utilitzant només el qüestionari no m'hauria proporcionat.

De forma intrínsecament lligada a tot el procés, hi ha també una altra forma d'obtenció de dades que crec que ha ajudat a assolir els objectius: l'**observació**. Es tracta d'una observació directa, fruit de les sessions dutes a terme any rere any.

4.3.2. Descripció i justificació detallada dels instruments utilitzats

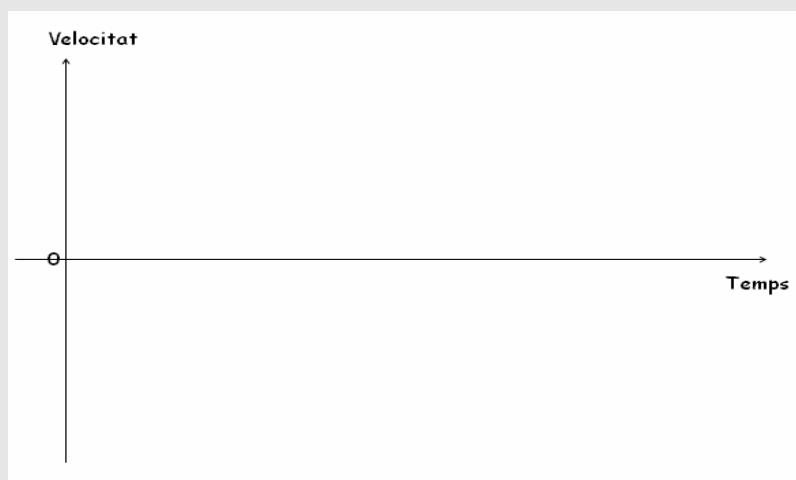
A continuació es detalla l'estructura dels elements utilitzats per a obtenir les dades: el qüestionari (predicció i escrit) i l'entrevista.

Qüestionari: Constava de dues parts. La primera part era una gràfica buida i estava pensada per a que l'alumnat hi fes la predicció de la gràfica v-t. Estava formada per uns eixos sense valors amb els noms *Velocitat* (eix vertical) i *Temps* (eix horitzontal) per tal de recordar que el que havien de fer era una predicció d'una gràfica v-t. D'aquesta manera intentava evitar, tot i que no sempre amb èxit, qualsevol tipus de confusió i que l'alumnat no es pensés que el que demanava era una predicció de la gràfica x-t (que ja havia fet, o faria, tot el grup dins del context de la pràctica). Els eixos no tenien valors perquè no m'interessava i perquè, a banda que pot ser més difícil per a l'alumnat, no volia que l'objectiu de la predicció fos raonar quins valors pren la velocitat en cada instant de temps. M'interessava només un anàlisi qualitatiu, a partir de les variacions de la velocitat al llarg del temps. Els eixos només corresponien a la part positiva del temps i amb valors positius i negatius de la velocitat (primer i quart quadrants) per qüestions de dificultat i d'espai en el full. De totes maneres, i a la vista dels resultats obtinguts, crec que podria ser interessant repetir el mateix qüestionari amb uns

eixos que incloguessin els quatre quadrants o fins i tot demanar que fos el propi alumnat qui establís els eixos que cregués oportuns.

A continuació hi ha reproduïda la primera part del qüestionari:

Dibuixa com creus que serà la gràfica Velocitat – Temps corresponent al moviment d'anada i tornada del carret.



Eixos on l'alumnat havia de representar les prediccions de les gràfiques v-t.

La segona part del qüestionari constava de la següent pregunta, a respondre una vegada s'hagués fet la predicció:

Per què creus que tindrà aquesta forma?

Amb aquesta pregunta s'esperava obtenir un complement escrit del que hi havia representat en format gràfic a la primera part del qüestionari. Era una forma de que l'alumnat expressés els seus coneixements d'una altra manera, potser més senzilla per a ell, i que li pogués ajudar a reflexionar sobre la coherència entre la gràfica predita i el text escrit. Per altra banda, també m'interessava valorar fins a quin punt l'alumnat donava més importància a la gràfica o al text escrit (o a l'entrevista) des d'una perspectiva de representacions múltiples (Viiri, J., Savinainen, A., 2004).

Els qüestionaris poden veure's íntegrament en l'Annex 2.

Entrevista: Tal i com apunta Lindwall (2008), diversos estudis sostenen que els enregistraments d'àudio i vídeo redueixen el risc que l'anàlisi posterior esdevingui un producte de característiques intuïtives, del disseny experimental o d'una recollida de dades selectiva (Lindwall cita aquí a Heritage & Atkinson, 1984, p. 4).

El fet d'enregistrar les entrevistes en format d'àudio permet tornar a escoltar en qualsevol moment el diàleg professor-alumnat que hi ha hagut. D'aquesta manera no es perden detalls concrets que poden haver passat inadvertits durant l'entrevista o en les primeres reproduccions de l'àudio. El fet de poder reproduir el diàleg de l'entrevista tantes vegades com es desitgi és molt important per al continu desenvolupament de l'anàlisi de les dades.

Malgrat tota aquesta sèrie d'avantatges que ofereix l'enregistrament d'àudio, és molt important tenir en compte que els diferents fitxers d'àudio no representen la realitat del context en el qual varen estar enregistrats.

Es duia a terme simultàniament o posteriorment a la predicció de la gràfica v-t. Quan l'entrevista i la predicció eren simultànies, s'evitava ajudar l'alumnat de forma que els resultats estiguessin tan poc

influenciats per la meua acció com fos possible. Quan l'entrevista era posterior a la predicció, es pressionava lleugerament més a l'alumnat a partir del que prèviament havien predit. En ambdós casos, l'anàlisi sempre s'ha dut a terme tenint en compte les primeres prediccions definitives de l'alumnat.

Les entrevistes eren totalment anònimes i s'enregistrava l'àudio amb un telèfon mòbil. En acabar l'entrevista no es donava la solució correcta ja que l'alumnat ho comprovaria posteriorment en un dels punts de treball de l'activitat, a on a més a més s'explicava el perquè del comportament i es relacionava amb la gràfica x-t, amb el balanç de forces, amb les matemàtiques i amb el fenomen.

Les entrevistes poden escoltar-se íntegrament en l'annex 3.

En l'annex 4 hi ha quatre qüestionaris corresponents a un dels instituts amb les transcripcions detallades de les corresponents entrevistes.

L'entrevista estava formada per preguntes del tipus (depenent del context del diàleg):

- *Què has representat aquí?*
- *Per què has dibuixat aquesta predicció?*
- *Perquè té aquesta forma la predicció?*
- *Per què creus que la predicció comença (o no) a l'origen de coordenades?*
- *En el muntatge experimental, on has considerat que estava l'origen de coordenades?*
- *Això són línies rectes? Corbes? Paràboles? Etc.*
- *Què has predit, la posició o la velocitat?*
- *Creus que tarda el mateix en anar que en tornar? Per què?*
- *etc.*

En general eren doncs preguntes força directes però obertes, on es buscava que la resposta fos una explicació raonada. En tot moment s'intentava evitar preguntes on la resposta pogués ser afirmativa o negativa, procurant que les respostes em proporcionessin tota la informació possible. Era una entrevista semi-estructurada, on hi havia una sèrie de preguntes que calia realitzar però on no era imprescindible una estructura prèvia ja que l'ordre de les preguntes depenia de cada situació i de cada cas concret. L'objectiu de l'entrevista és obtenir informació directament relacionada amb els objectius de la recerca. Les preguntes eren per tant molt intencionades i es procurava que l'alumnat interpretés les gràfiques en comptes de descriure-les i pretenien donar respostes a les qüestions de recerca.

4.4. Recollida de dades

4.4.1. Criteris de selecció de l'alumnat

En el moment d'iniciar la recol·lecció de les dades de la recerca es reparteixen els qüestionaris i, de forma individual, es repeteix el mateix que s'ha dit abans en grup. En general, procurava agafar dades de només 4 o 5 alumnes per a cada grup - classe, a no ser que la dinàmica de la classe em permetés recollir dades d'alguna persona més. Cal tenir en compte que mentre recollia les dades d'aquesta recerca, hi havia un grup d'alumnes a qui els hi donava classe i no podia sacrificar l'aprenentatge de tots per a centrar-me en la recol·lecció de dades per a un treball de recerca personal. I a més a més, el disseny experimental de la recollida de dades (qüestionari i entrevista) requeria un mínim de temps, cosa que m'impedia agafar dades de més membres del grup amb un mínim de garanties de fiabilitat. Es tractava de recollir dades durant el temps que tot el grup feia les prediccions de les gràfiques x-t.

El primer criteri de selecció per a escollir l'alumnat que participaria en la recol·lecció de les dades és demanar si hi ha algun voluntari/a. El segon criteri és totalment subjectiu i depèn del caràcter i de l'actitud que ha mostrat l'alumne/a en qüestió al llarg de la pràctica.

Els dos criteris escollits estan motivats per la necessitat que tenia de que l'alumnat participés de manera activa en la recol·lecció de les dades. Això és, que no es reprimís a l'hora de representar les gràfiques de les prediccions v-t i que ho fes sense vergonya i que a l'hora de l'entrevista fóssim

capaços de mantenir un diàleg el més fluid possible per tal de que jo pogués saber els motius que havien impulsat l'alumnat a fer un tipus de representació gràfica i no una altra.

A l'hora de fer la pràctica, l'alumnat es dividia en grups de treball d'entre dues i quatre persones. Tots els grups feien el mateix, però cada grup de treball disposava d'una taula de laboratori, ordinador, recol·lector de dades, sensor, etc. Tenint en compte aquesta distribució de l'aula, procurava que només una persona del grup participés en la recol·lecció de les dades de la recerca per tal de que no hi hagués influència entre unes dades i les altres. En els casos en que això no era possible, en base als criteris primer i segon, demanava a l'alumnat que responia els qüestionaris que se separessin els uns dels altres per tal d'evitar influències. En cap moment s'utilitzaven criteris relatius al grau de coneixement de l'alumnat, tot i que en dues ocasions el professorat del centre va intentar que els qüestionaris els repartís a l'alumnat amb major grau de coneixements.

Aplicant el primer criteri, si no hi havia suficients voluntaris/es, aplicava el segon criteri per tal d'aconseguir els quatre o cinc qüestionaris /entrevistes que recollia per sessió. Si hi havia massa voluntaris, aplicava el segon criteri per tal de descartar a l'alumnat que, segons la meua opinió, no seria tan participatiu.

Ja en el moment concret de que l'alumnat comencés a respondre el qüestionari, es recordava la importància de tenir en compte l'origen de coordenades, els signes de la velocitat i si el carret tarda més en anar que en tornar o no. Es recalcava també que, igual com es demana a l'hora de predir la gràfica x-t, la predicció que han de fer de la gràfica v-t havia de correspondre únicament a la part del fenomen corresponent al punt des de on el carret surt disparat de la goma i va cap al sensor (just quan deixa d'estar en contacte amb la goma) fins que torna a topar amb la goma (just quan torna a estar en contacte amb la goma).

4.4.2. Condicions de la recol·lecció de dades

Abans de recollir les dades s'exposava el interès personal que tenia en obtenir la informació. S'explica a tot l'alumnat que aquestes dades havien de formar part d'una recerca personal i que els hi estaria molt agraït si, fent les prediccions de la gràfica v-t, volguessin ajudar-me de forma desinteressada. Es comentava com s'obtidrien les dades i es recalcava que aquestes eren única i exclusivament per a una recerca i que no formava part de cap punt del dossier. Crec que era molt important advertir que tant el qüestionari com l'entrevista no formaven part de l'activitat, per tal de que l'alumnat no se sentís ni pressionat a haver-ho de fer ni avaluat en cap moment. D'aquesta manera l'alumnat s'alliberava de la pressió d'haver de respondre allò que s'esperava que respongués, en funció del que havia après a classe o a la pràctica i així obtenir dades el més objectives possible (en el sentit que no estiguessin condicionades a cap tipus d'avaluació per part meua o del professorat del centre).

Finalment, s'avisava que en cap moment no es diria el nom dels voluntaris que havien accedit a col·laborar (que de fet, tampoc sé) i que per tant allò que fessin (gràfica, explicació escrita i explicació oral) seria totalment anònima i mai ningú sabria qui ho havia fet. Es recalcava també que, al ser per a una recerca personal, el professorat del centre no tindria mai accés a la informació que m'hagués proporcionat l'alumnat.

5. Anàlisi de dades, resultats i discussió

Per tal de descriure el procés d'anàlisi, hem tingut en compte com a punt de partida les qüestions de recerca plantejades anteriorment. Per tant, aquest estudi pretén aprofundir en la forma com l'alumnat representa gràficament les prediccions de gràfiques v-t. Per tal d'organitzar les dades i poder-les manipular, extraïem la informació que ens interessa i l'organitzem en forma de xarxa sistèmica. El nostre anàlisi de les dades comença per l'elaboració d'unes determinades dimensions, que a la vegada estan dividides en diferents subdimensions i categories i aquestes en algunes subcategories. Les diferents organitzacions de les dades ens vénen suggerides per les mateixes dades, és a dir, pel que el propi investigador/a veu en les dades i, també, algunes categories provenen d'una revisió de la literatura.

És evident que la xarxa descriu, no pas les dades, sinó una interpretació de les mateixes amb una finalitat determinada. Aquesta finalitat és la de donar resposta a les qüestions de recerca plantejades en aquesta investigació.

5.1. Procés d'anàlisi

En intentar codificar les dades obtingudes s'ha considerat que la millor manera de procedir a l'anàlisi era organitzar la informació en forma de xarxa sistèmica. S'ha vist adequat formar les següents dimensions i categories. Les dimensions s'han elaborat considerant els següents criteris:

- **Dimensió 1:** l'estabilitat de la gràfica predita. S'han fet modificacions en la predicció inicial?
- **Dimensió 2:** la posició de la gràfica predita. On representa la gràfica?
- **Dimensió 3:** el contingut de la gràfica predita. Com és la gràfica que representa
- **Dimensió 4:** les circumstàncies en les que es dona la predicció. S'havia fet anteriorment altres prediccions de gràfiques i ja se'n tenia certa experiència?

5.1.1. Dimensió 1: Fer modificacions de la predicció inicial

Aquesta dimensió fa referència a si l'alumnat ha modificat en algun moment la seva predicció en el qüestionari o si per altra banda, el primer traç que ha fet ha estat el definitiu, encara que no ho hagi fet de forma contínua (tot d'una sola tirada). Quan es parla de predicció prèvia, es fa referència a la primera predicció que ha fet l'alumnat, en el cas que en algun moment l'hagi variat. La predicció definitiva fa referència a la predicció que l'alumnat, després de totes les possibles modificacions, ha donat com a bona. Les diferències entre prediccions prèvies i definitives es marquen en funció de dos elements: el diàleg professor - alumnat durant l'entrevista i de les línies ttxades i/o esborrades en el full del qüestionari.

5.1.2. Dimensió 2: La posició de la gràfica. On representen la gràfica

En aquesta dimensió es classifiquen les dades obtingudes en funció de diversos paràmetres que fan referència a les zones del pla que ha utilitzat l'alumnat per a fer les prediccions de la gràfica v-t. La dimensió està dividida en dues subdimensions diferents:

- La primera subdimensió (**Tenir la $V=0$ com a element referencial**) té en compte com l'alumnat es guiava per l'eix d'abscisses a l'hora de fer les prediccions i quina funció, en el sentit més ampli de la paraula, tenia per a ells. La subdimensió està dividida en dues categories:
 - La primera categoria (**Comencen a $V=0$**) fa referència a si l'alumnat inicia la predicció a l'origen de coordenades o no i hi ha evidentment dues possibles respostes. Es parla d'iniciar la gràfica al punt de velocitat nul·la per similitud amb el punt anterior, donant per fet que començar a $V=0$ implica començar a l'origen de coordenades (velocitat=0, temps=0) ja que cap predicció ha estat iniciada en un temps que no fos zero. La intencionalitat d'aquesta categoria està relacionada amb el que s'ha comentat anteriorment del comportament davant un full en blanc.
 - La segona categoria (**Acaben a $v=0$**) fa referència a si la predicció de la gràfica s'ha fet acabar, de forma abrupte o no, a l'eix horitzontal de coordenades, corresponent a la línia de velocitat zero. Aquesta categoria pretén donar unes possibles bases per a analitzar l'aspecte del full en blanc i de la desitjabilitat social.
- La segona subdimensió (**Tenir en compte el signe del vector velocitat**) té en compte les variacions de signe de la velocitat. Aquí no es té en compte la forma de les gràfiques si no només les zones del pla per les quals l'alumnat representa la gràfica. Tenint en compte que l'alumnat representava la gràfica en almenys dues parts, corresponents a l'anada i tornada del carret al sensor, hi havia quatre possibles respostes: velocitat sempre positiva, sempre negativa, primer positiva i després negativa o primer negativa i després positiva. És a dir, que

respecte l'eix d'abscisses, les corbes poden transcórrer tal i com indiquen les següents categories:

- ***Sempre per sobre***
- ***Primer per sobre i després per sota***
- ***Primer per sota i després per sobre***
- ***Sempre per sota***

5.1.3. Dimensió 3: La forma de la gràfica. Com representen la gràfica

Aquesta dimensió té en compte com l'alumnat ha representat la gràfica de la predicció v-t. Es classifiquen les dades obtingudes en tres subdimensions: segons el tipus de funció que representen, segons si es té o no en compte el fregament i segons si la gràfica presenta o no simetries o antisimetries.

- La primera subdimensió (***Segons el tipus de funció que es representa***) té en compte la forma de la gràfica des d'un punt de vista matemàtic i es classifiquen les dades en tres categories:
 - ***La gràfica v-t és sempre lineal.*** Aquí, quan parlem de lineal no fem només referència a que la gràfica és una sola funció del tipus $v(t) = v_0 + a \cdot t$, sinó que també s'hi inclouen els casos a on la gràfica de la velocitat és una funció a trossos, contínua, formada per diferents funcions del tipus anterior.
 - ***La gràfica v-t no és mai lineal.*** Aquesta categoria inclou tots els casos on la gràfica de la velocitat no té cap zona on la variació sigui lineal. S'utilitza el qualificatiu general de no lineal en comptes de paràbola perquè no tothom qui ho feia explicitava que allò representat eren paràboles (independentment de si la forma si assemblava més o menys).
 - ***La gràfica v-t té comportaments lineals i comportaments no lineals.*** Inclou els casos en que una part contenia almenys una representació lineal de la velocitat i almenys una part no lineal.
- La segona subdimensió (***Tenir en compte el fregament.***) té en compte si l'alumnat ha explicitat d'alguna manera que el carret tarda més en tornar o no. La intenció d'aquesta subdimensió és analitzar si l'alumne explicitava d'alguna manera l'efecte de la força de fregament sobre el carret.
- La tercera i última subdimensió (***Presenten simetria o antisimetria***) fa referència a la simetria o a l'antisimetria que pugui tenir el final respecte algun eix de simetria (correspongui o no amb els eixos de coordenades).

5.1.4. Dimensió 4: L'experiència prèvia. Haver fet la predicció x-t

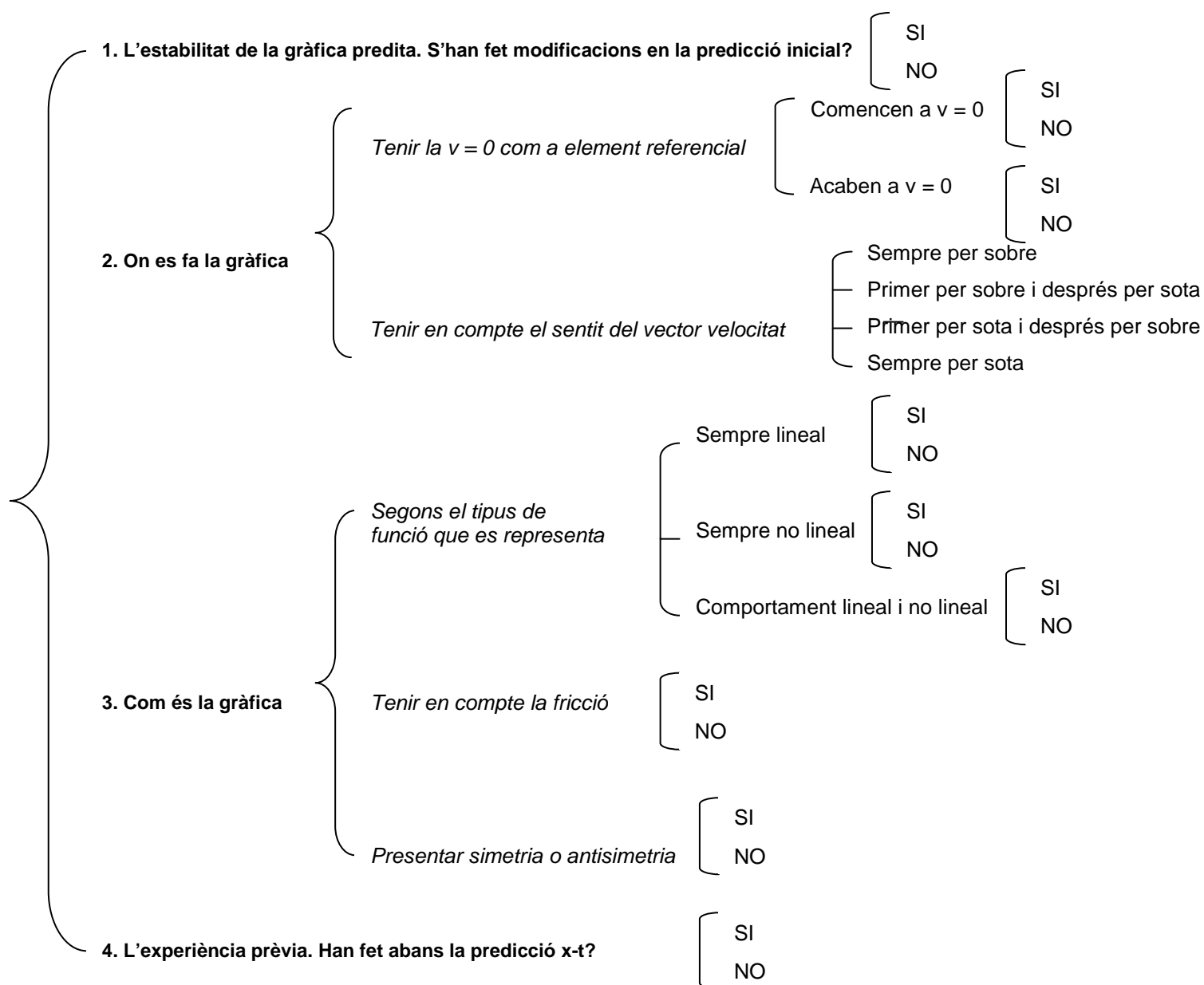
Tal i com s'ha comentat anteriorment, tot l'alumnat assistent a la pràctica havia de dur a terme la predicció de la gràfica x-t i la recollida de les dades d'aquesta recerca es feia de forma simultània. Aquesta dimensió fa referència a si l'alumnat, abans de fer la predicció de la gràfica v-t, havia fet la predicció de la gràfica x-t que corresponia a l'activitat a dur a terme per a tot el grup.

En aquesta dimensió només hi ha dues categories possibles, corresponents al cas que s'hagi fet abans la predicció de la gràfica x-t o no.

El motiu d'haver escollit aquesta dimensió és intentar investigar si el fet d'haver fet abans la predicció de la gràfica x-t pot ajudar a l'hora de fer posteriorment la predicció de la gràfica v-t.

5.1.5. Xarxa sistèmica

A continuació hi ha la xarxa sistèmica descrita anteriorment i utilitzada per a estructurar l'enorme quantitat d'informació obtinguda.



5.1.6. Taula de dades

A continuació hi ha una taula completa amb les dades corresponents al buidatge de la informació extreta de les enquestes i les entrevistes. Recordem que en total hi havia 57 persones que varen respondre el qüestionari i varen realitzar l'entrevista. Per a buidar les dades s'han escoltat diverses vegades les entrevistes enregistrades mentre s'interpretava el corresponent qüestionari. Per tal d'analitzar la informació, sovint s'havia de repetir la reproducció de les entrevistes degut a la complexitat de les respostes o les prediccions. La informació obtinguda s'anotava en un full de càlcul que, seguint l'estructura de la xarxa sistèmica anterior, ha resultat en la següent taula, que a la vegada s'ha utilitzat per a dur a terme l'anàlisi quantitatiu.

1. Han modificat la predicció		Sí		39	68.4%
		No		18	31.6%

2. On representen la gràfica	<i>Tenir la $v=0$ com a element referencial</i>	Al principi	Començar a $v=0$	Sí	19	48.7%
				No	20	51.3%
			Acabar a $v=0$	Sí	19	48.7%
				No	20	51.3%
		Al final	Començar a $v=0$	Sí	13	33.3%
				No	26	66.7%
			Acabar a $v=0$	Sí	15	38.5%
				No	24	61.5%
	<i>Tenir en compte el signe del vector velocitat</i>	Directe	Començar a $v=0$	Sí	1	5.6%
				No	17	94.4%
			Acabar a $v=0$	Sí	2	11.1%
				No	16	88.9%
		Al principi	Sempre per sobre		9	23.1%
			Primer per sobre i després per sota		13	33.3%
			Primer per sota i després per sobre		16	41.0%
			Sempre per sota		1	2.6%
		Al final	Sempre per sobre		6	15.4%
			Primer per sobre i després per sota		11	28.2%
			Primer per sota i després per sobre		22	56.4%
			Sempre per sota		0	0.0%
		Directe	Sempre per sobre		1	5.6%
			Primer per sobre i després per sota		5	27.8%
			Primer per sota i després per sobre		12	66.7%
			Sempre per sota		0	0.0%

3. Com representen la gràfica	<i>Segons el tipus de funció que es representa</i>	Al principi	Sempre lineal	14	35.9%
			Sempre no lineal	24	61.5%

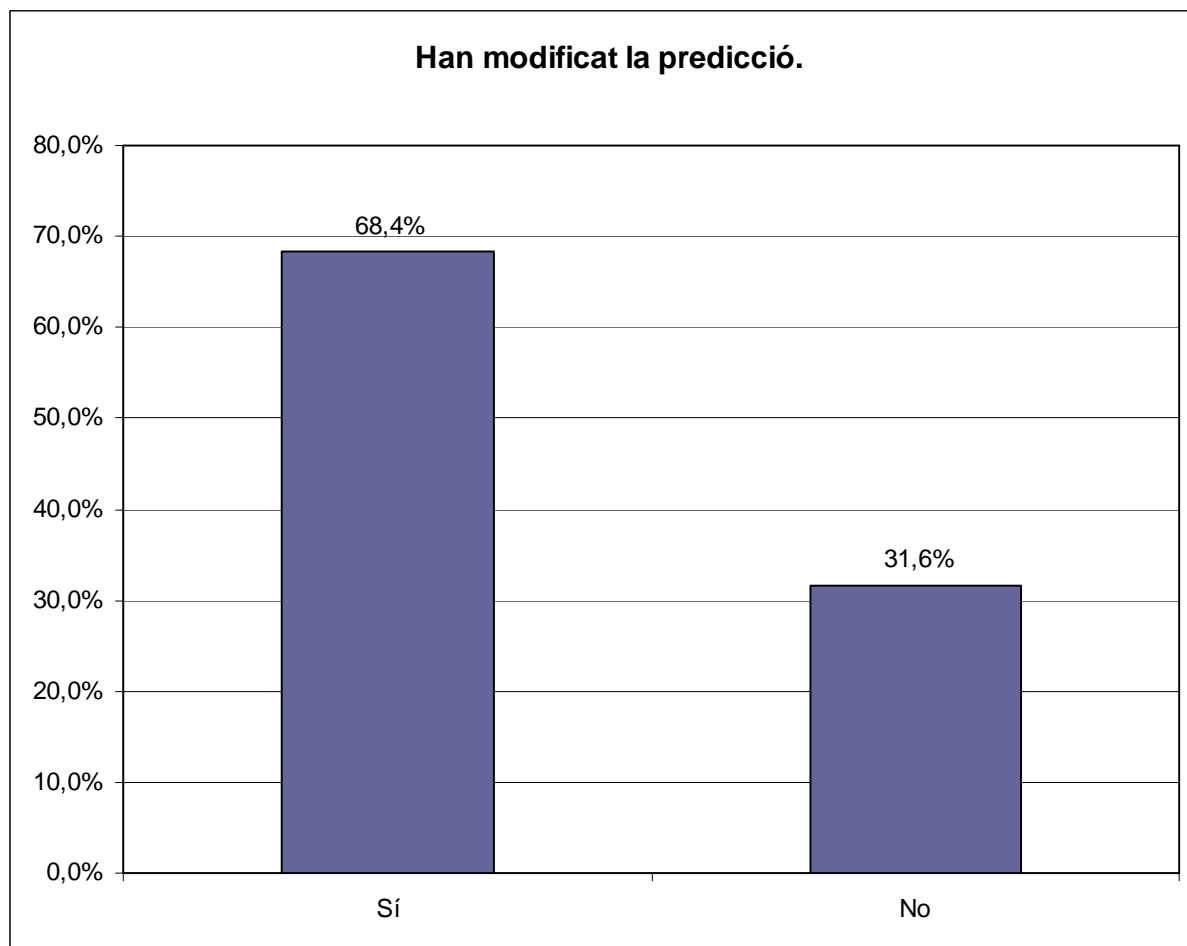
			Comportament lineal i no lineal	1	2.6%	
		Al final	Sempre lineal	16	41.0%	
			Sempre no lineal	17	43.6%	
			Comportament lineal i no lineal	6	15.4%	
		Directe	Sempre lineal	15	83.3%	
			Sempre no lineal	3	16.7%	
			Comportament lineal i no lineal	0	0.0%	
		Tenen en compte el fregament	Al principi	Sí	2	5.1%
				No	37	94.9%
	Al final		Sí	10	25.6%	
			No	29	74.4%	
	Directe		Sí	3	16.7%	
			No	15	83.3%	
	Presenten simetria o antisimetria	Al principi	Sí	17	43.6%	
			No	22	56.4%	
		Al final	Sí	15	38.5%	
			No	24	61.5%	
		Directe	Sí	17	94.4%	
			No	1	5.6%	

4. Han fet abans la predicció x-t	Modificat	Sí	25	64.1%
		No	14	35.9%
	Directe	Sí	8	44.4%
		No	10	55.6%

5.2. Resultats i discussió

En aquesta secció s'analitzen els resultats obtinguts a partir de la informació extreta de la taula de dades de la xarxa sistèmica. En la majoria dels anàlisis es té en compte si l'alumnat modificava la seva predicció i quins eren els aspectes que es modificaven.

5.2.1. Dimensió 1. Han fet modificacions de la predicció inicial



Observem que 39 persones (68.4%) han fet algun tipus de modificació de la predicció mentre que 18 persones (31.6%) no ho han fet.

La guspira que podia causar la modificació de la gràfica de la predicció podia tenir diferents naturaleses:

- Contradicció entre dos o més conceptes del model intern de l'alumne.
- Incoherència entre diferents parts de la gràfica.
- Confusió inicial a l'hora de representar la predicció.
- Aparició de qualsevol aportació externa per part dels assistents a la pràctica (professorat o alumnat), generalment amb caràcter involuntari per les dues bandes.

En qualsevol dels casos, no calia representar la predicció prèvia per llavors modificar-la, sinó que després de fer un primer traç, l'alumne podia reestructurar el seu coneixement i representar una predicció definitiva més adient al seu model mental.

Creiem que aquest anàlisi inicial és molt important ja que el fet de que l'alumnat modifiqués, d'una o

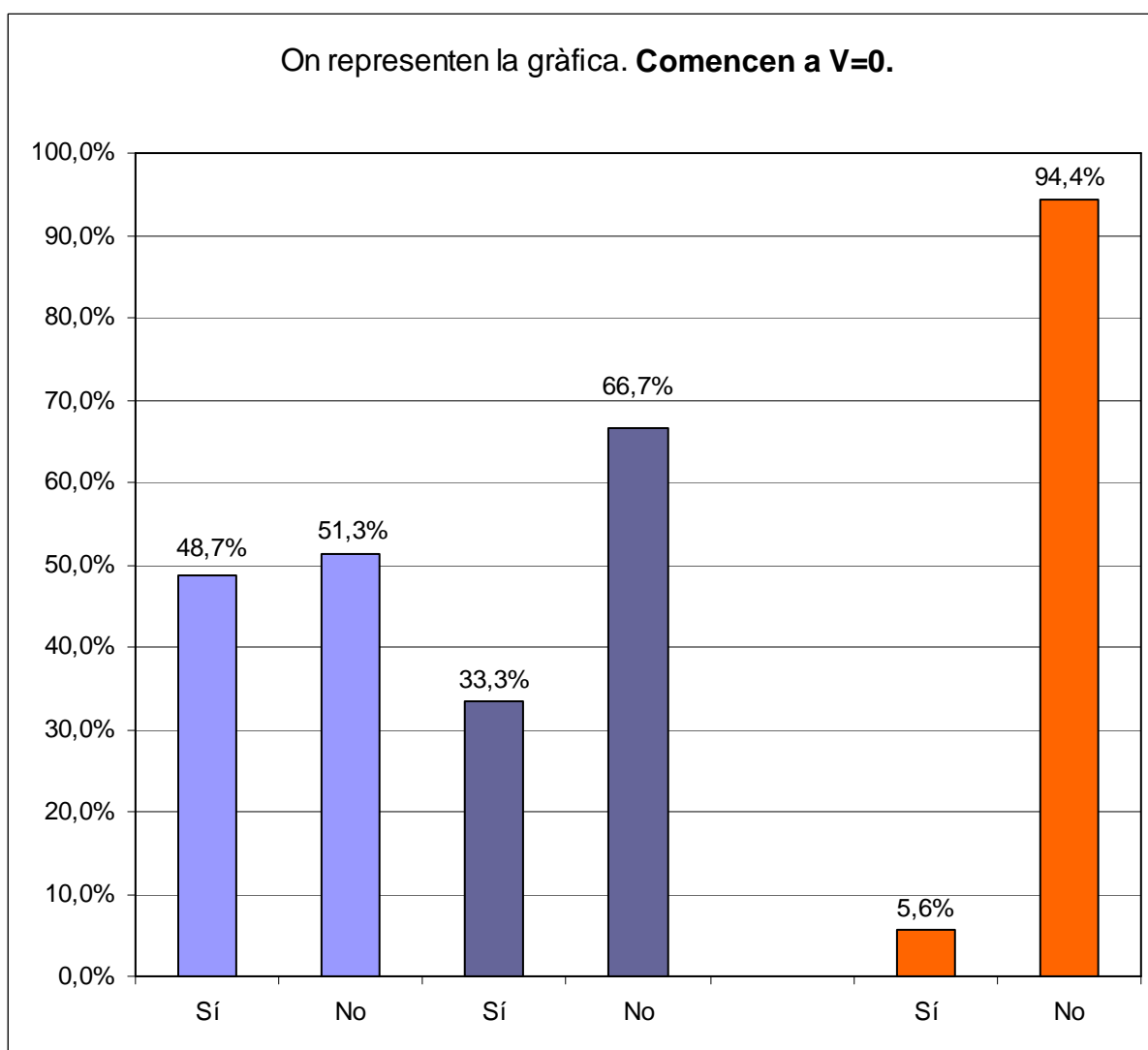
altra manera, la forma de la gràfica en algun moment de la predicció indica que durant el procés de predicció els seus coneixements es posaven de manifest i segurament d'alguna manera entraven en contradicció.

Així l'alumnat, reorganitzava els seus coneixements i elaborava un model més complert i millorat capaç d'englobar diferents aspectes clau de la gràfica (signes, fricció, MRUA, etc.).

Aquesta és la primera dimensió que s'ha considerat perquè d'ara endavant es tindrà especialment en compte si l'alumnat ha representat certs aspectes rellevants en la predicció prèvia i/o en la definitiva.

5.2.2. Dimensió 2. La posició de la gràfica. On representen la gràfica

5.2.2.1. Comencen a l'origen



Nota: A les gràfiques estadístiques com la del cas anterior el criteri que se segueix per a la seva comprensió és el següent:

- Les primeres barres fan referència a aquell alumnat que, d'una o altra manera, havien modificat la seva predicció i que per tant, tenien una predicció **prèvia** i una predicció **definitiva**. Les barres de color blau cel, fan referència a les freqüències corresponents a les prediccions prèvies. Les barres de color blau fosc, fan referència a les freqüències corresponents a les prediccions definitives. Com que hi havia 39 persones que havien modificat la predicció, els percentatges referents a les barres blaves (tant blau cel com blau fosc) que tracten prediccions prèvies o definitives es fan sobre les 39 persones que varen modificar la predicció.

- Les últimes barres, de color taronja, fan referència a l'alumnat que no va modificar la seva predicció i que per tant, feia unes representacions directes del que creia que seria la gràfica v-t. Com que hi havia 18 persones que no havien modificat la predicció, els percentatges referents a les barres taronges, que tracten prediccions que es varen fer directament, es fan sobre les 18 persones que no varen modificar la predicció.

Creiem que no és lògic incloure dins el mateix grup l'alumnat que ha modificat la seva predicció i l'alumnat que no ho ha fet ja que l'estabilitat que manifesta en la seva resposta és diferent. Així, les barres de color blau cel representen les prediccions prèvies de 39 persones, les barres de color blau fosc representen les prediccions definitives d'aquestes mateixes 39 persones i les barres taronges representen les prediccions de les 18 persones que ho varen representar directament, sense fer cap tipus de modificació.

De les 39 persones que varen modificar la predicció, n'hi havia 19 (48.7%) que en la primera predicció que feien començaven a l'origen de coordenades (Temps=0 i Velocitat=0). Les 20 (51.3%) persones restants, no iniciaven la predicció a l'origen i ho feien en qualsevol punt de l'eix d'ordenades ($t=0$). Val a dir que cap predicció, en cap cas, començava en punts on $t>0$.

Quant aquestes 39 persones feien la seva predicció definitiva, n'hi havia 13 (33.3%) que iniciaven la representació a l'origen, mentre que les 26 (66.7%) persones restants començaven la predicció en punts de velocitat no nul·la.

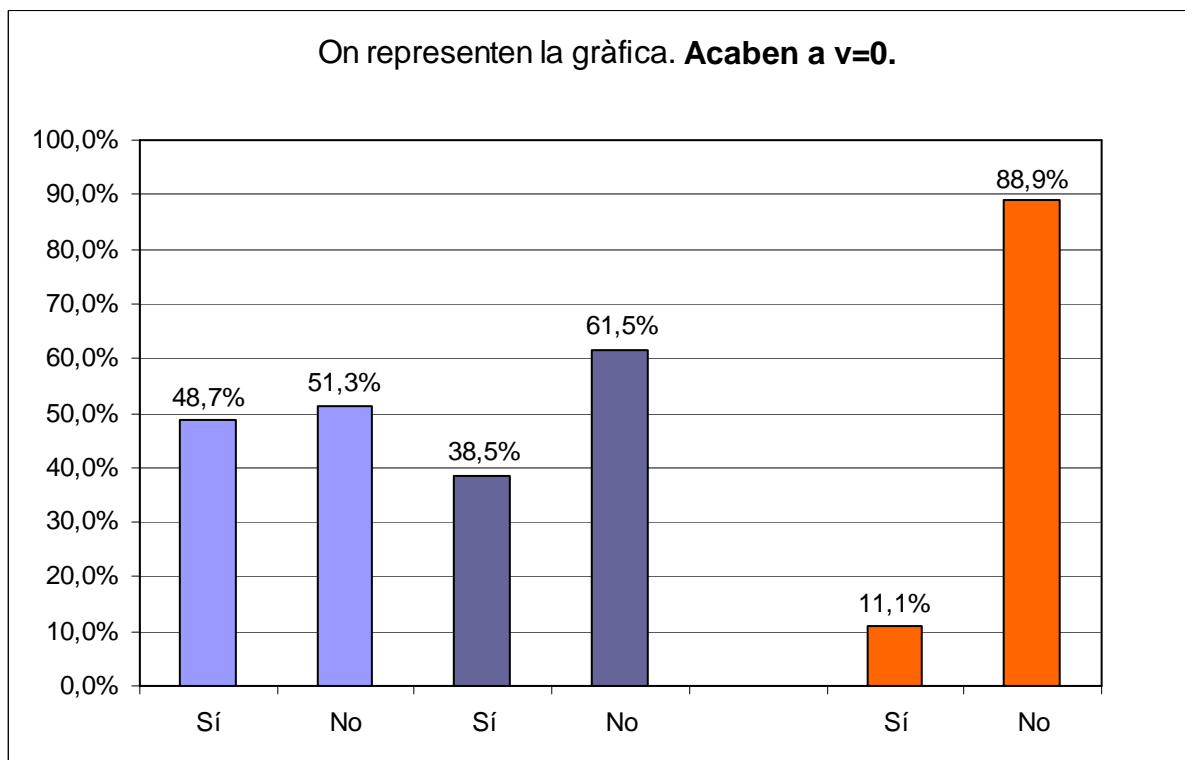
S'observa que hi ha un transvasament total de 6 persones que passen de iniciar la predicció a l'origen al principi a no fer-ho al final. Però si ho analitzem en detall, observem que en el procés de modificació hi va haver 8 persones que al principi iniciaven la predicció a l'origen i al final no ho varen fer. Per altra banda, n'hi va haver 2 que al principi no iniciaven la predicció a l'origen i al final sí. Les 11 persones restants no varen modificar aquest aspecte de la predicció. Tenint en compte que la predicció correcta no s'inicia a l'origen de coordenades, podríem dir que 8 persones varen millorar la seva predicció, 2 la varen empitjorar i 11 no la varen variar. És interessant fer notar que, proporcionalment, hi havia més alumnat (48.7%) que iniciava la predicció a l'origen a la primera de les prediccions que feien que no pas a la predicció definitiva (33.3%).

Aquests resultats es poden interpretar dient que inicialment, en cas de que l'alumnat dubti, una opció molt probable és començar a l'origen ja que és un punt a on l'alumnat es pot sentir més segur davant del dubte d'haver de fer la predicció. Llavors, en raonar més a fons el problema que se l'hi planteja i, potser, sense la "pressió" inicial del començament, el individu modifica la predicció tot i apropant-la a la predicció correcta.

També podem considerar que normalment, l'alumnat està més acostumat a veure gràfiques que s'inicien a l'origen, així, en cas de dubte, s'opta per a reproduir aquelles gràfiques que resulten més familiars. Es creu sovint que a causa de l'ensenyament de matemàtiques rebut, la major part de l'alumnat començaria la predicció a (0,0). És corrent en els cursos de física i encara més en els de matemàtiques, ensenyar a fer gràfiques de funcions $y=f(x)$ en les quals per $x=0$, $y=0$. Caldria tenir-ho present ja que el coneixement de l'espai que defineixen els eixos de coordenades pot ser prou feble com per no aventurar-se a ocupar qualsevol lloc d'aquest espai partint dels propis raonaments sobre la "nova funció" que representen a partir d'observar un fenomen.

Per altra banda i observant les últimes dues barres de la gràfica anterior, veiem que de les 18 persones que no varen fer cap modificació de la gràfica, només una persona va iniciar la predicció a l'origen, mentre que les 17 persones restants no ho varen fer. Partim de la idea de que les persones de la mostra que no varen modificar cap aspecte de la predicció segurament tenien molt més clar els conceptes físics claus per a la realitzar la predicció correctament. Creiem doncs que es pot afirmar que el fet de no modificar la predicció implica que els conceptes estan més clars, ja que la gran majoria de persones que predeien la gràfica directament, no erraven en almenys aquest aspecte de la representació.

5.2.2.2. Acaben a $v=0$



En les prediccions inicials, un total de 19 persones (48.7%) de les 39 varen acabar la predicció a l'eix d'abscisses, mentre que les altres 20 persones (51.3%) varen finalitzar la predicció en algun punt que no corresponia amb l'eix horitzontal. Pel que fa a les prediccions definitives d'aquestes 39 persones, observem que 15 (38.5%) acabaven les prediccions a l'eix d'abscisses mentre que 24 persones (61.5%) no ho feien.

Analitzat en detall, hem observat que 6 persones inicialment acabaven la predicció a $V=0$ i al final no, 2 persones feien l'evolució a la inversa i les altres 13 no modificaven aquest aspecte de la predicció. Tenint en compte que la predicció correcta no finalitza a $V=0$, veiem que hi ha un transvasament total de 4 persones que milloren la seva predicció. Amb les observacions dutes a terme al llarg de les sessions, varem creure interessant analitzar el fet que gran part de l'alumnat acabés les prediccions a l'eix de velocitat nul·la. Tenint en compte el fenomen del carret i conscients de quina és la predicció correcta, observem com un 38.5% de l'alumnat sí que ha predit finalment que el carret acabava a la goma (el punt de partida del moviment) amb velocitat nul·la. Per a explicar aquest comportament de l'alumnat donem dues interpretacions, no exclouent entre elles. Cal tenir en compte que aquesta interpretació s'ha de considerar només en el cas que l'alumnat hagi dubtat a l'hora de finalitzar la predicció. El fet de donar com a predicció definitiva una forma tancada, creiem que pot ser sinònim de certa inseguretat i certa voluntat d'oferir un resultat estèticament més agradable. En ambdós casos, pot ser sinònim de dubte a l'hora de finalitzar la predicció.

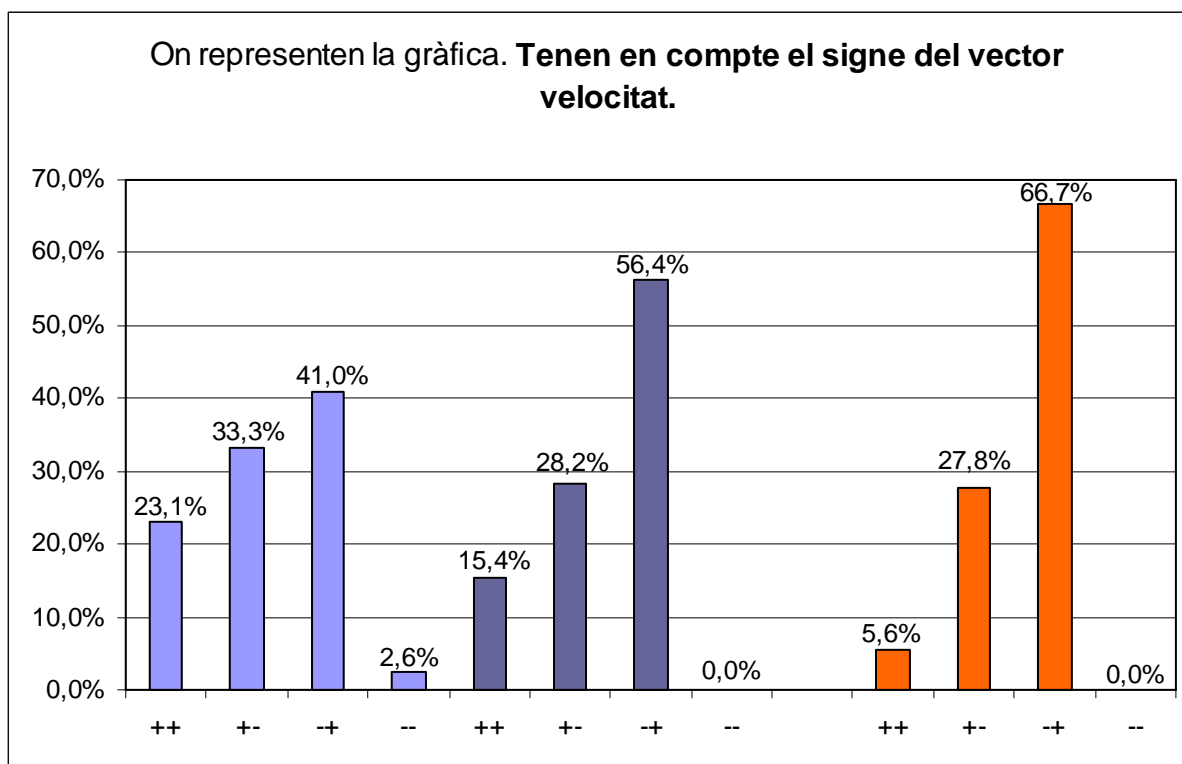
- Pel que fa a la interpretació de la possible inseguretat, basem el raonament en que l'eix d'abscisses es pot interpretar com una prolongació de l'origen de coordenades. D'aquesta manera, igual que en molts exemples de la conducta humana, l'alumnat opta per, en certa manera, retornar a l'origen de coordenades a l'hora de finalitzar la predicció per tal d'evitar pronunciar-se i així acabar en una zona del pla on se sent més segur.
- Respecte a la interpretació pels criteris estètics, ens basem en els principis de la percepció, que assegurin que les formes tancades són més agradables a la vista que no pas les formes obertes. Una forma oberta sovint sol ser sinònim de quelcom inacabat. Tot i ser conscients que això es pot interpretar des de molts punts de vista, des d'aquesta perspectiva també podríem considerar que allò acabat se sol considerar més bell. Per altra banda, quan l'alumnat no finalitza la predicció a l'origen, la forma de la corba (lineal o no) que es representa acaba en punta. Tenint en compte que les formes acabades en punta es solen considerar més agressives i violentes, l'alumnat opta per

finalitzar la predicció a l'eix d'abscisses evitant així les formes agressives i aportant al conjunt un aire de completitud.

Tot i que era la primera, i segurament l'última, vegada que l'alumnat objecte de la investigació em tenia a mi com a professor i que tal i com els vaig comentar, no pretenia avaluar-los sinó investigar les seves respostes (gràfiques, text i diàleg), les respostes que vaig obtenir crec que estaven influenciades per la inclinació natural de tot alumne a quedar bé davant del professor i a demostrar que té molts coneixements i que aquests són correctes i generalment avançats. Cal recordar que mentre la desitjabilitat social sí que és un aspecte de la psicologia ben conegut, estudiat i demostrat, la possible relació que hi pugui haver entre aquesta i la forma en que l'alumnat fa prediccions de les gràfiques és només una hipòtesis que aquí s'introdueix. També cal tenir en compte que en cap cas es pretén analitzar, jutjar o demostrar cap aspecte que tingui en compte la personalitat de l'alumnat, ja que això s'allunyaria dels objectius d'aquesta recerca.

Finalment, si analitzem la informació de les últimes dues barres de la gràfica anterior, veiem que de les 18 persones que no varen fer cap modificació de la gràfica, només dues persones varen iniciar la predicció a l'origen, mentre que les 16 persones restants no ho varen fer. Partim de la idea de que les persones de la mostra que no varen modificar cap aspecte de la predicció segurament tenien molt més clar els conceptes físics claus per a realitzar la predicció correctament. Igual que hem fet en l'anàlisi del punt anterior, creiem doncs que el fet de no modificar la predicció implica una major claredat de conceptes. De la mateixa manera, en podem extreure el raonament invers: si l'alumnat modifica algun aspecte de la predicció és una senyal de que no té molt clars els conceptes físics involucrats en la predicció.

5.2.2.3. Respecte l'eix d'abscisses



Si respecte a l'eix d'abscisses analitzem en quina zona del pla l'alumnat representava les prediccions, obtenim que de les 39 persones que realitzaven predicció prèvia, 9 persones (23.1%) ho feien sempre per sobre de l'eix d'abscisses; 13 persones (33.3%) ho feien primer per sobre i després per sota; 16 persones (41.0%) ho feien primer per sota i després per sobre i només 1 persona (2.6%) va representar la predicció prèvia sempre per sota de l'eix d'abscisses.

Quant aquestes 39 persones realitzaven la seva predicció definitiva veiem que 6 persones (15.4%) consideraven que la velocitat era sempre positiva, 11 persones (28.2%) representaven la velocitat primer positiva i després negativa, 22 persones (56.4%) la representaven primer negativa i després positiva i cap persona la representava sempre negativa.

Independentment de si es pren el sensor o la goma com a origen de coordenades, si observem el fenomen és evident que la velocitat canviarà de signe al llarg de l'evolució del fenomen. Si es pren l'origen al sensor, la velocitat serà negativa durant l'anada del carret cap al sensor i positiva a la tornada. Si l'origen es pren a la goma, el signe de les velocitats serà al revés. Tenint això present, veiem que les prediccions que sempre estaven per sobre l'origen, no tenien en compte el canvi de signes de la velocitat. Tal i com argumenten Fernández et al. (1996) sovint l'alumnat té en compte només el mòdul de la velocitat (si augmenta o disminueix) i no relaciona si hi ha hagut algun canvi de sentit.

De nou ens trobem amb una utilització molt minvada de l'espai gràfic que defineixen els eixos x-y i podem tornar a recordar que en els primers ensenyaments de les gràfiques a Matemàtiques, es sol utilitzar exclusivament l'espai de $x > 0$ i de $y > 0$. Tal i com indica Sassi (1997) l'alumnat mostra dificultats amb el concepte de velocitat negativa, confusió entre inversió de moviment (un zero a la gràfica $v(t)$) i un canvi en el signe del pendent de $v(t)$ i confusió entre passar en el mateix sentit o en sentit oposat. El fet de que l'alumnat tingui en compte els signes de les velocitats està relacionat amb la comprensió de l'alumnat de la naturalesa vectorial de la velocitat. I el plasmar aquests coneixements sobre un paper implica dominar el llenguatge gràfic sovint només après en els cursos de matemàtiques i en els mitjans de comunicació.

Si ens mirem aquest aspecte de l'anàlisi i considerem la pràctica que estava realitzant l'alumnat, creiem que hi ha diferents nivells a l'hora de decidir si una predicció és correcta, ja que en aquest cas no és tant evident. Per una banda, i com ja hem dit anteriorment, el carret (objecte del qual se'n fa la predicció $v-t$) primer s'apropa al sensor de distància (que el prenem com a origen de

coordenades) i llavors se'n allunya. Primer de tot, ja veiem que la velocitat ha de canviar de signe en algun moment de la predicció. I segon, considerant l'origen al sensor, s'ha de considerar que en la primera part del moviment, quan el carret s'apropa al sensor, la velocitat és negativa i quan el carret s'allunya del sensor la velocitat és positiva. Segons aquests criteris podem crear tres nivells d'avaluació de les prediccions. El primer nivell correspon a l'alumnat que ha dibuixat la gràfica sempre per sobre o sempre per sota de l'eix d'abscisses. El segon nivell correspon a aquell alumnat que ha tingut en compte que la velocitat té dos signes. I el tercer nivell correspon a aquell alumnat que a més a més de considerar que la velocitat tenia dos signes, ha considerat que l'origen estava al sensor.

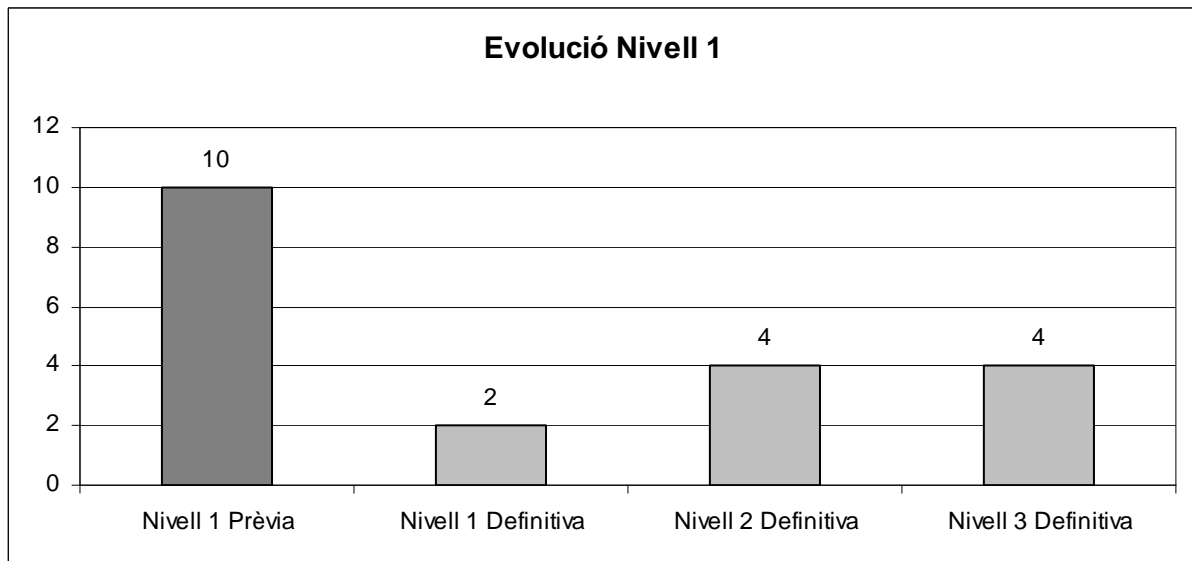
- Nivell 1: La velocitat té només un signe. Predicció incorrecta.
- Nivell 2: La velocitat té dos signes. Origen mal definit. Predicció parcialment correcta.
- Nivell 3: La velocitat té dos signes. Origen ben definit. Predicció correcta

En la taula que es mostra a continuació, els símbols ++, +-, -+ i -- corresponen als dos signes que podia tenir la velocitat a l'anada i la tornada respectivament. La primera columna indica el nombre de persones que feien la corresponent predicció en la predicció prèvia. La segona columna indica cap a on han evolucionat el tipus de prediccions de la primera columna. La tercera columna mostra quines han estat les prediccions definitives de les 39 persones. Segons el que acabem d'esmentar i mirant al detall les modificacions observem que les evolucions han estat les següents:

Prediccions prèvies <i>Tipus (Nº casos inicials)</i>	Evolució <i>Tipus (Nº casos)</i>	Prediccions definitives <i>Tipus (Nº casos finals)</i>
++ (9)	++ (2)	++ (6)
	+ - (3)	
	- + (4)	
	-- (0)	
+- (13)	++ (2)	+- (11)
	+ - (7)	
	- + (4)	
	-- (0)	
-+ (16)	++ (2)	-+ (22)
	+ - (0)	
	- + (14)	
	-- (0)	
-- (1)	++ (0)	-- (0)
	+ - (1)	
	- + (0)	
	-- (0)	

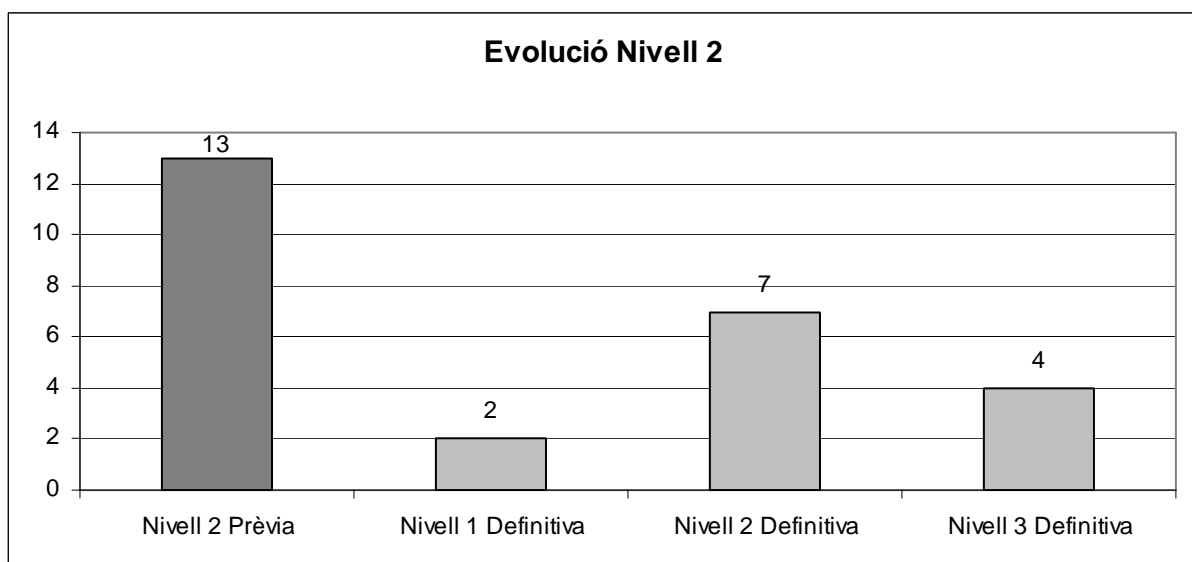
Segons els nivells d'avaluació que hem comentat anteriorment, veiem que inicialment hi ha 16 persones que fan una predicció correcta d'aquest aspecte, i n'hi ha 13 que consideren que la velocitat té dos signes però no defineixen l'origen correctament. Les altres 10 persones no consideren que la velocitat pugui tenir dos signes. Una vegada aquestes persones fan la predicció definitiva veiem que:

- De les 10 persones que només consideraven la velocitat o positiva o negativa, només 2 continuen mantenint la seva predicció inicial en aquest aspecte, mentre que les altres 8 consideren que la velocitat ha de tenir dos signes (la meitat es queda amb aquest fet mentre l'altra meitat acaba fent una predicció correcta en aquest aspecte). Veiem doncs que hi ha una millora substancial en aquest aspecte al llarg del procés invisible de modificació del model intern que ha fet cada alumne, ja que un 40% (4 persones) evolucionen al nivell 2 i un altre 40% (4 persones) evolucionen directament al nivell 3.



En la gràfica anterior es mostra com han evolucionat les 10 persones que inicialment es trobaven en el nivell 1.

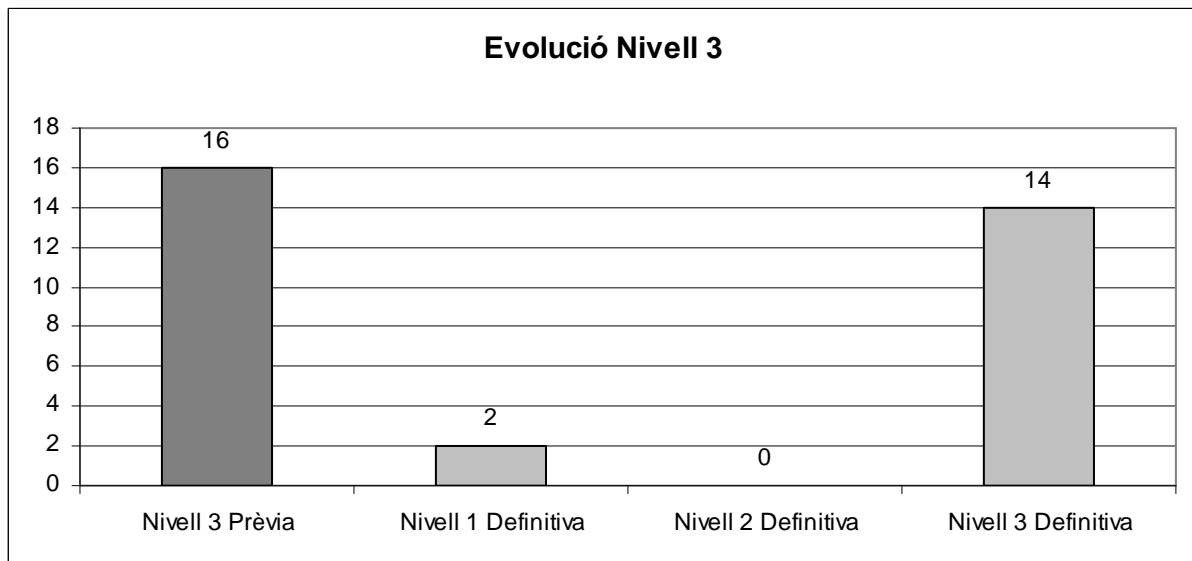
- De les 13 persones que consideraven que la velocitat tenia dos signes inicialment, 7 no modifiquen aquest aspecte de la predicció, 4 milloren i passen a considerar també l'origen al sensor i n'hi ha 2 que empitjoren la predicció i passen a considerar que la velocitat té només un signe. En aquest cas hi ha una millora relativa, ja que un 30.7% (4 persones) evolucionen al nivell 3 però un 15.4% (2 persones) empitjoren i passen al nivell 1.



En la gràfica anterior es mostra com han evolucionat les 13 persones que inicialment es trobaven en el nivell 2.

- I finalment, observem que de les 16 persones que inicialment predeien correctament la gràfica, n'hi ha 14 que ho mantenen i 2 que empitjoren i passen a considerar només un signe per a la velocitat. Si bé a tall global el nivell 3 és el que més beneficiat en surt, aquí veiem que de les 16 persones inicials, n'hi ha 2 (12.5%) que empitjoren i baixen

directament al nivell 1, mentre que la resta, això sí es mantenen al nivell 3, que recordem-ho, és el que correspon a les prediccions ben fetes.

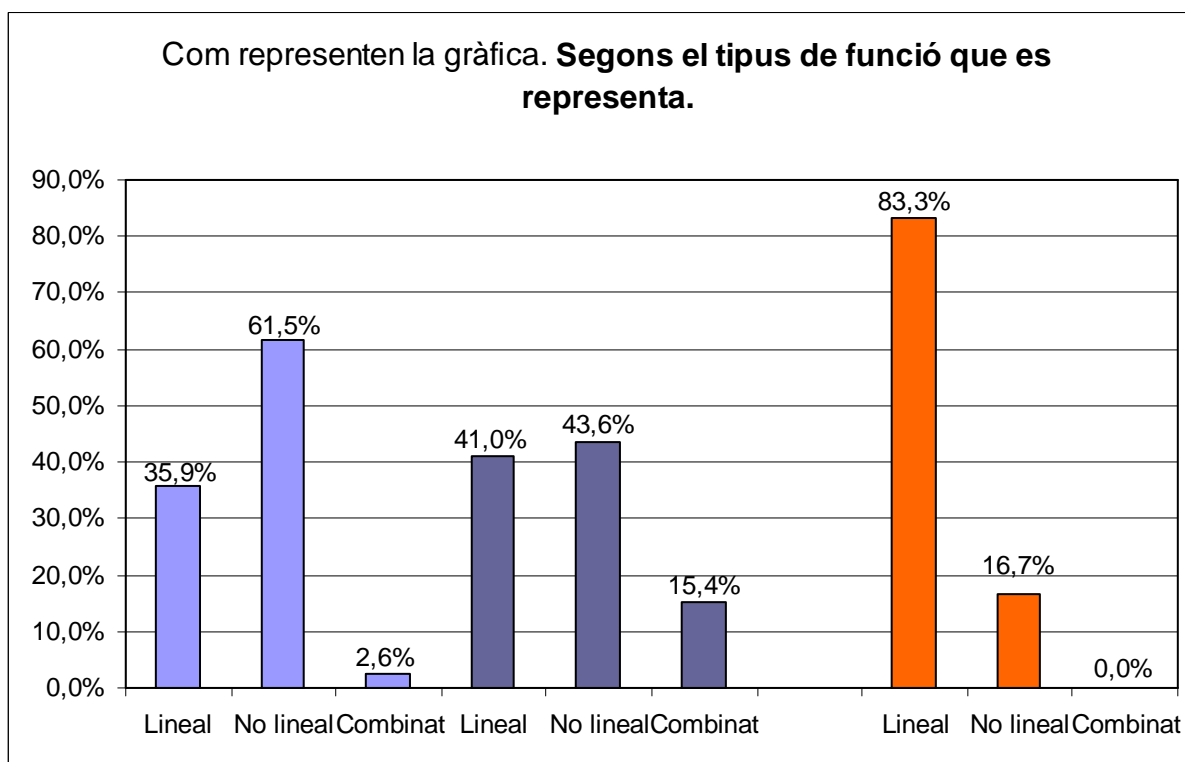


En la gràfica anterior es mostra com han evolucionat les 16 persones que inicialment es trobaven en el nivell 3.

Per altra banda i considerant les 18 prediccions que es varen fer directament veiem que 1 persona (5.6%) va considerar que la velocitat sempre era positiva (Nivell 1), 5 persones (27.8%) varen considerar que la velocitat tenia dos signes (Nivell 2) i finalment, 12 persones (66.7%) varen fer una predicció correcta i varen considerar que la velocitat tenia dos signes i l'origen estava al sensor (Nivell 3). Aquí veiem una altra vegada com l'alumnat que ho feia directament, i que per tant creiem que tenia més clars els conceptes necessaris, feia unes prediccions molt més correctes que la resta, que feien una predicció prèvia i una de definitiva.

5.2.3. Dimensió 3. Com representen la gràfica

5.2.3.1. Segons la forma



Si analitzem la forma de les prediccions, observem que de les 39 persones inicialment 14 persones (35.9%) han considerat que les diferents parts que pugui tenir la gràfica de la velocitat es comporten de forma lineal, 24 persones (61.5%) han representat les diferents parts de forma no lineal i 1 persona (2.6%) ho ha fet utilitzant comportaments lineals i no lineals de forma intercalada.

Pel que fa a les prediccions definitives de les mateixes persones, veiem que hi ha 16 persones (41%) que han considerat que les diferents parts que pugui tenir la gràfica de la velocitat han de ser de forma lineal, 17 persones (43.6%) han representat les diferents parts de forma no lineal i 6 persones (15.4%) han considerat que hi ha elements lineals i elements no lineals.

D'entrada veiem que pel que fa a les prediccions prèvies, només 14 persones consideren que la velocitat varia de forma lineal (sense que això impliqui que la predicció sigui correcta). El fet que la velocitat majoritàriament no variï linealment amb el temps es pot interpretar de diverses maneres. Com hem vist anteriorment en l'apartat del marc teòric, hi ha diversos estudis que mostren que l'alumnat concep els moviments rectilinis uniformes com uns moviments en que les gràfiques són lineals (no se sol indicar mai la gràfica v-t que seria una línia recta horitzontal sinó només les x-t) i els moviments accelerats com uns moviments en els que s'observen paràboles. Hem pogut constatar en diferents llibres de text que, la paràbola de la gràfica x-t és la primera referència del què s'entén per un MRUA. En aquests, molt sovint tampoc apareix la gràfica v-t. Per tant, no hauria d'estranyar-nos si els alumnes en observar el moviment d'un carret que va més ràpid i més lent, li associï fàcilment una paràbola. Com indica Del Pozo (1999), l'alumne davant de situacions no familiars i per tant font d'inseguretat, utilitza la informació que li resulta més fàcilment accessible.

Igual que hem fet en anàlisis anteriors, si ens mirem aquest anàlisi detalladament i considerem la pràctica que estava realitzant l'alumnat, també podem crear diferents nivells a l'hora de decidir si una predicció és correcta. Considerant que el moviment del carret era un MRUA, la predicció correcta de la gràfica v-t ha de ser doncs lineal (de fet es tracta d'una gràfica formada per dues funcions lineals, però això no ens afecta pel que aquí analitzem). En un primer nivell hi inclourem les prediccions que consideren que la gràfica té sempre un comportament no lineal, en un o més dominis. El segon nivell correspon a aquell alumnat que ha tingut en compte que la predicció té components lineals, encara que també ha considerat que n'hi havia de no lineals. I el tercer nivell

correspon a aquell alumnat que ha considerat que la predicció de la gràfica havia de ser únicament lineal, en un o més dominis.

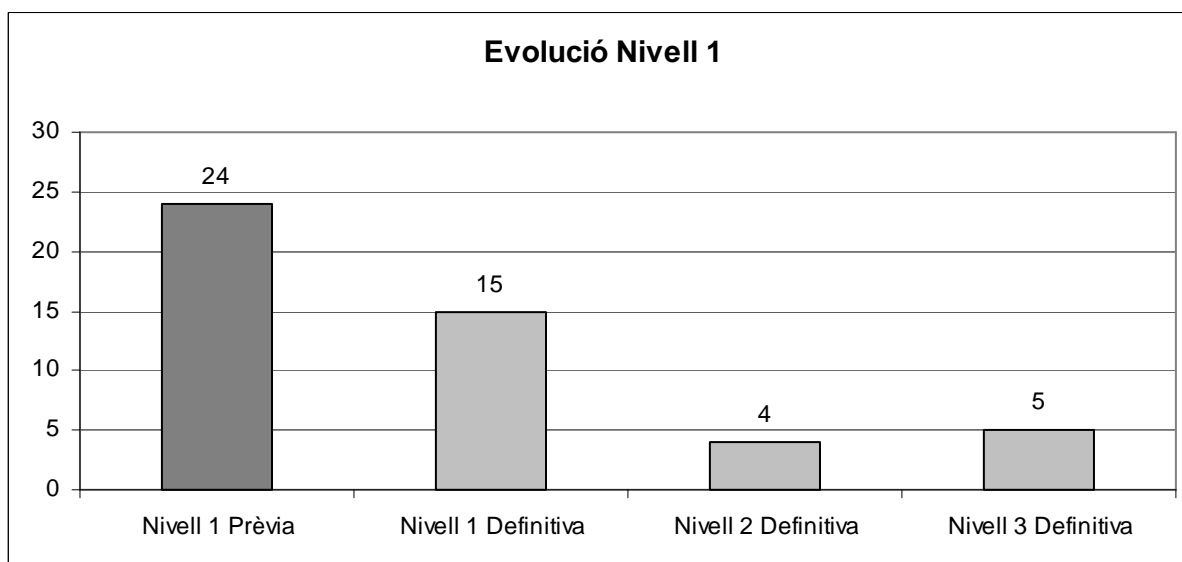
- Nivell 1: La velocitat està representada per una o més funcions no lineals. Predicció incorrecta.
- Nivell 2: La velocitat està representada per una combinació de funcions lineals i no lineals. Predicció parcialment correcta.
- Nivell 3: La velocitat està representada per una o més funcions lineals. Predicció correcta

En la taula que es mostra a continuació, es mostra en detall com han evolucionat les prediccions de l'alumnat. La primera columna indica el nombre de persones que feien la corresponent predicció en la predicció prèvia. La segona columna indica cap a on han evolucionat el tipus de prediccions de la primera columna. La tercera columna mostra quines han estat les prediccions definitives de les 39 persones.

Prediccions prèvies <i>Tipus (Nº casos inicials)</i>	Evolució <i>Tipus (Nº casos)</i>	Prediccions definitives <i>Tipus (Nº casos finals)</i>
Lineal (14)	Lineal (11)	Lineal (16)
	No lineal (2)	
	Combinat (1)	
No lineal (24)	Lineal (5)	No lineal (17)
	No lineal (15)	
	Combinat (4)	
Combinat (1)	Lineal (0)	Combinat (6)
	No lineal (0)	
	Combinat (1)	

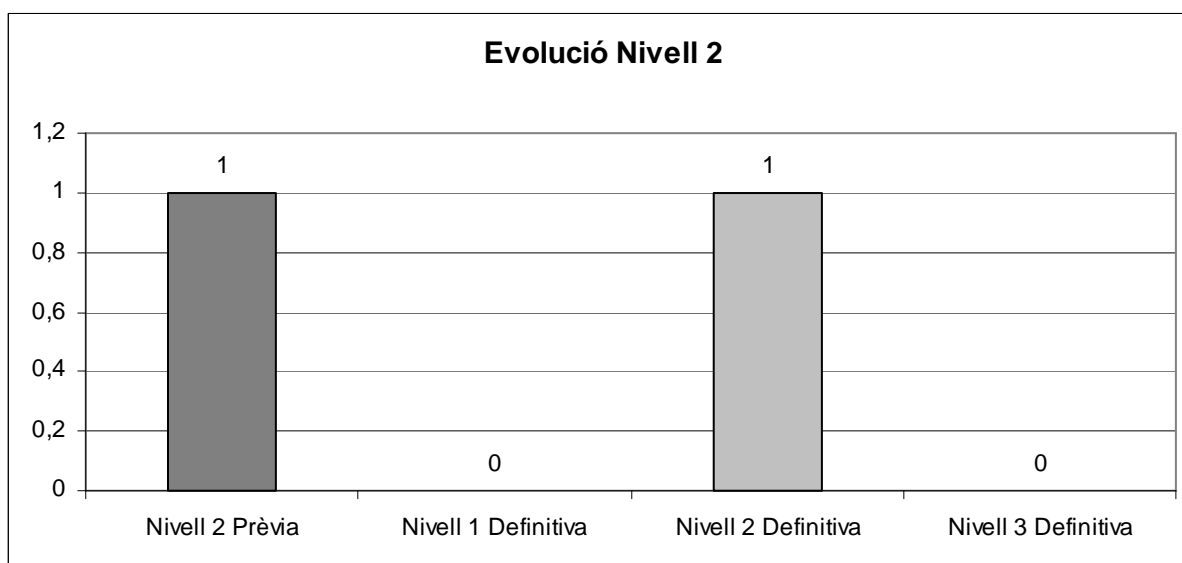
En base a la informació obtinguda, veiem que inicialment hi ha 14 persones que fan una predicció correcta d'aquesta categoria, n'hi ha una que considera que la velocitat té components lineals i no lineals i n'hi ha 24 que consideren que la velocitat és sempre no lineal. Una vegada aquestes persones fan la predicció definitiva veiem que:

- De les 24 persones que consideraven la velocitat com a combinació de funcions no lineals, n'hi ha 15 que mantenen el mateix criteri en la predicció definitiva. N'hi ha 4 que experimenten una millora relativa fins al nivell 2 i n'hi ha 5 que experimenten una millora substancial i assoleixen directament el nivell 1. Considerant les 24 persones inicials d'aquest nivell veiem que hi ha una millora relativa ja que un 16.7% passa al nivell 2 i un 20.8% passa al nivell 3. Aquestes dades creiem que es poden interpretar com una possible demostració de que l'alumnat ha reestructurat els seus coneixements inicials per a arribar a una representació més elaborada i rica, en base al que ha après. És a dir, inicialment han expressat els seus coneixements previs però han vist tot seguit que aquests entraven en conflicte amb el seu model intern i que hi havia una sèrie d'incoherències conceptuais. És en aquest punt on l'alumnat ha pogut refer el seu model mental inicial i adaptar-lo per tal de donar sortida a la qüestió que se l'hi estava plantejant.



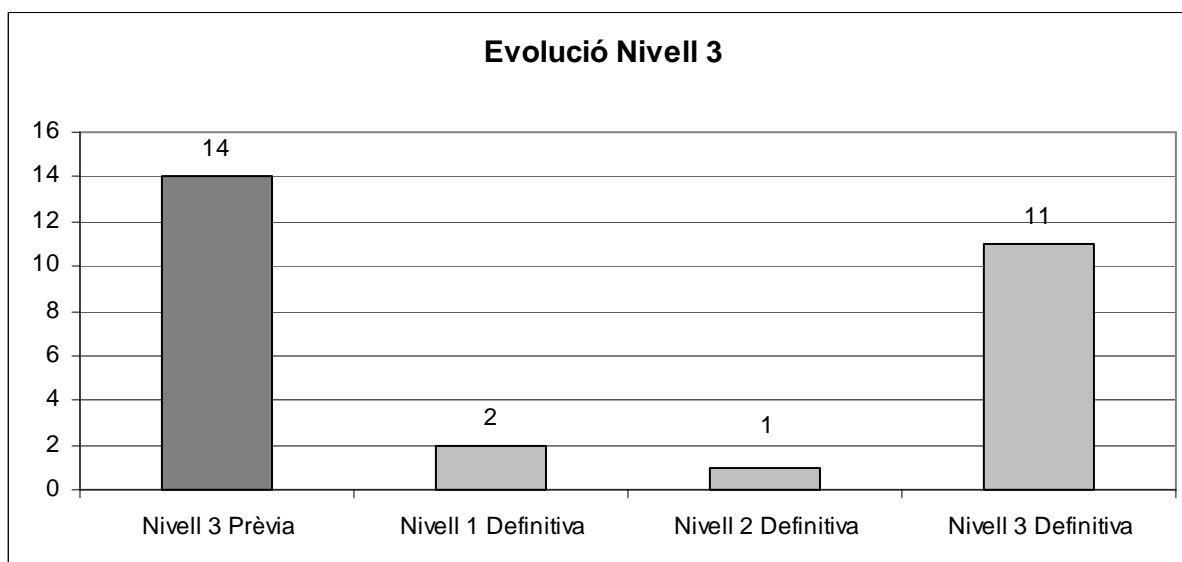
En la gràfica anterior es mostra com han evolucionat les 24 persones que inicialment es trobaven en el nivell 1.

- Pel que fa a la persona que hi havia inicialment al nivell 2, no hi ha res a dir ja que en el procés de modificació de la predicció no ha canviat aquest aspecte i es manté per tant en el nivell 2.



En la gràfica anterior es mostra l'evolució de la única persona que estava inicialment en el nivell 2.

- De les 14 persones que consideraven la velocitat com a combinació de funcions lineals veiem que 11 persones continuen mantenint la seva postura. La resta, empitjora la seva predicció: dues persones passen a considerar que la velocitat es comporta de forma no lineal i una persona considera que la velocitat hauria de tenir també components no lineals. En aquest cas, i considerant que la predicció és correcta en aquest camp, veiem com 11 persones de 14 (un 78.6%) manté la seva predicció en aquest aspecte. Un resultat que creiem interessant ja que el percentatge d'empitjorament és relativament baix.



En la gràfica anterior es mostra com han evolucionat les 14 persones que inicialment es trobaven en el nivell 3.

Pel que fa a l'alumnat que ha fet la predicció directament, veiem que de les 18 persones n'hi ha 15 (83.3%) que prediuen que la gràfica v-t ha de tenir únicament comportament lineal, mentre que n'hi ha només 3 (16.7%) que prediuen que la gràfica ha de ser no lineal. No n'hi ha cap que predigui que ha de tenir parts lineals i no lineals combinades. Veiem doncs que hi ha un percentatge molt d'alt d'alumnes que, tot i fer la predicció directament, encerten quina ha de ser la forma general de la gràfica v-t. Igual que abans, creiem que les persones de la mostra que no varen modificar cap aspecte de la predicció, podem interpretar que tenien molt més clars els conceptes físics claus per a la realitzar la predicció correctament.

Al llarg de l'entrevista hi ha alguns alumnes que expressen directament que pensaven en la gràfica de la posició i per això han representat funcions no lineals (paràboles). Per altra banda, hi ha també una gran part de l'alumnat que està pensant tota l'estona amb la gràfica x-t i justifiquen les seves respostes (que serien certes si no fos que s'està parlant de la gràfica v-t) sense adonar-se de la confusió. A continuació hi ha les transcripcions d'una sèrie de respostes de l'alumnat davant de preguntes del tipus *Per què la gràfica té aquesta forma? Per què és corba? Per què no són línies rectes? Etc.*

- *Perquè hi ha una acceleració.*
- *Perquè no va sempre a la mateixa velocitat. Sempre va variant, una mica més, una mica menys, ...*
- *Pues porque no es igual, o sea, es acelerado, o sea primero va más rápido y luego va más lento.*
- *Com que és accelerat, tindrà una mica de pendent. Serà corba la línia, en teoria...*
- *Perquè no és constant, o sigui, té acceleració.*

Fixem-nos com les respostes anteriors fan totes referència a gràfiques x-t, però amb l'inconvenient que es tractava d'analitzar les formes de les gràfiques v-t.

Per altra banda, en base al que ja s'ha comentat anteriorment sobre el fenomen de la desitjabilitat social, podem plantejar-nos una sèrie d'interrogants. Si tenim en compte que quan s'ensenya física es fa en ordre creixent de dificultat, començant per les situacions més ideals i menys reals, ens podem plantejar si aquesta dinàmica facilita o bé ho fa més abstracte i difícil de comprendre. A l'hora d'ensenyar la part de cinemàtica es tracta primer el MRU (moviment rectilini uniforme) i posteriorment el MRUA (moviment rectilini uniformement accelerat). Recordem que, pel que fa a un MRU la gràfica x-t correspon a una funció lineal i la gràfica v-t correspon a una funció constant, i pel que fa a un MRUA la gràfica x-t correspon a una paràbola i la gràfica v-t

correspon a una funció lineal. Així doncs, podem suposar que l'alumnat relaciona la paràbola amb un ensenyament més avançat que la funció lineal. D'aquesta manera, i pel que fa a la cinemàtica, la paràbola esdevé sinònim de coneixement avançat, mentre que la funció lineal s'associa més amb un coneixement bàsic. Si partim d'aquesta suposició, podem il·luminar aquest anàlisi amb certs matisos de la desitjabilitat social. La interpretació podria ser:

En cas de dubte a l'hora de fer les prediccions de les gràfiques v-t, creiem probable que l'alumnat tendeixi a representar paràboles, en comptes de funcions lineals, per tal de demostrar quin grau de coneixement ha assolit. Tot plegat, amb la intenció de que la seva tasca sigui reconeguda per part del professorat. Dit d'altra forma, creiem que en cas de dubte és més probable que l'alumnat doni per definitiva una forma més complexa. Davant de qualsevol problema que requereix el nostre raonament, creiem que és un comportament natural el fet que ens sorgeixi el dubte quan la solució és, al nostre entendre, massa senzilla.

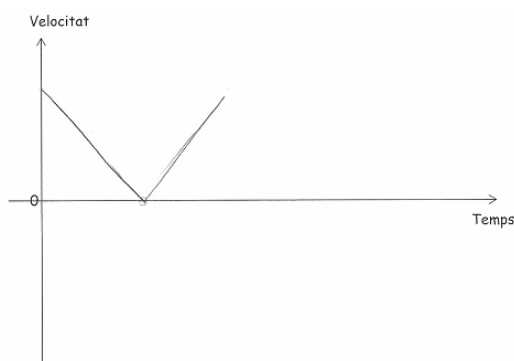
Per tal d'il·lustrar aquests arguments, veiem un exemple de la resposta d'un alumne. Durant l'entrevista, un noi havia fet una predicció només amb components no lineals i em comentava que el pendent de la gràfica v-t és l'acceleració, cosa que era poc coherent tenint en compte que es tractava d'un MRUA. La transcripció de la frase que em va respondre per finalitzar l'entrevista és la següent:

Sí, també podrien ser rectes. No sé, ho he fet així perquè queda més bé, no?

Que, emmarcat dins dels anàlisis de desitjabilitat social, mostra aquesta component de dubte i de ganes d'agradar de la qual hem parlat anteriorment.

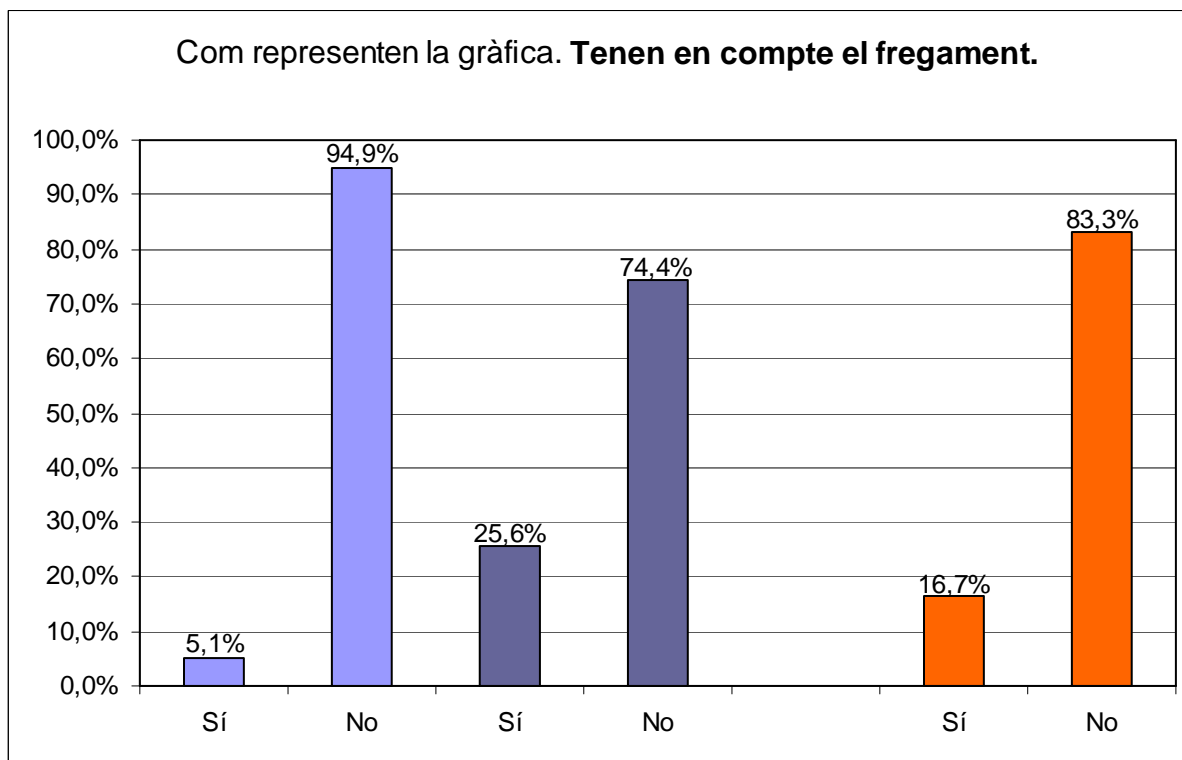
Per acabar aquest anàlisi, creiem que és interessant mostrar també la següent transcripció, d'una part de l'entrevista amb un noi:

- **P:** *Perquè són dues línies rectes?*
- **R:** *mmhh..... pero.....ahora que lo dices tendrá que ser ovalada...*



Creiem que aquesta resposta està emmarcada per la inseguretats de l'alumne davant el que havia fet i per la necessitat de que la seva resposta fos acceptada. Aquest noi hauria modificat la seva predicció només pel fet de que se li havia preguntat sobre la forma.

5.2.3.2. Tenir en compte el fregament. El carret tarda més en tornar.



A partir de la gràfica anterior veiem que en les prediccions inicials només 2 persones (5.1%) de 39 creien que el carret tardava més en tornar, mentre que en les prediccions definitives eren 10 persones (25.6%) les que ho expressaven així. Analitzant al detall aquest aspecte, veiem que de les 37 persones que inicialment no tenien en compte el fregament, n'hi ha 8 que milloren i a la predicció definitiva el tenen en compte.

Creiem que aquest aspecte del moviment és quelcom molt complicat de percebre i plasmar en una representació gràfica, ja que a simple vista no es nota i s'ha d'utilitzar únicament la raó i els coneixements previs per a deduir primer que hi ha d'haver fregament i suposar quina ha de ser la forma de la gràfica per a què inclogui els efectes d'aquest fregament. Val a dir que dels que manifestaven que el carret tardava més en anar que en tornar, no tothom ho explicitava clarament en la representació gràfica. Molts afirmaven que el carret tardava més en tornar quan se'ls hi va preguntar al llarg de l'entrevista. Creiem que això pot tenir diverses causes:

- El primer motiu, i segurament el més probable, és que malgrat l'alumnat tingui present que el carret tarda més en tornar (ja sigui perquè ho observa directament o perquè té en compte l'acció de les forces de fregament), en el moment de fer la predicció no ho tingué en compte i se n'adonés d'aquest fet al llarg de l'entrevista. De fet, aquí hi entra en joc la problemàtica de l'alumnat a l'hora d'utilitzar diferents representacions del fenomen, explicació oral i representació gràfica del mateix. Viiri, J. (2004) i Sàez, M. (2005) defensen que l'alumnat no sol utilitzar de forma coherent múltiples representacions i presenten certes dificultats a l'hora de moure's entre elles i connectar-les.

A continuació hi ha transcrit una part de l'entrevista amb una noia de les que em deia que el carret tardava més en tornar però que no ho havia representat gràficament.

- **P:** A la tornada tarda menys, no? Però aquí a la gràfica diu que tarda el mateix...
- **R:** Bueno! La gràfica està feta més o menys...

Aquest tipus de resposta denota que per a aquesta alumna el llenguatge de les gràfiques no és, ni de bon tros, tan important com el fet d'expressar-ho oralment. La seva resposta desvirtua la utilitat de les representacions gràfiques, ja que per a ells una gràfica sembla que sigui més un dibuix que no pas una forma d'estructurar les magnituds que intervenen

en un fenomen. Creiem que respostes com la anterior podrien aportar molta llum a l'anàlisi de les múltiples representacions. La nostra hipòtesis és que sovint el problema no és potser que l'alumnat no sàpiga moure's de forma coherent entre diferents representacions, sinó que l'alumnat atorgui la mateixa credibilitat i el mateix valor a totes les representacions.

Un altre exemple semblant el trobem en la següent transcripció:

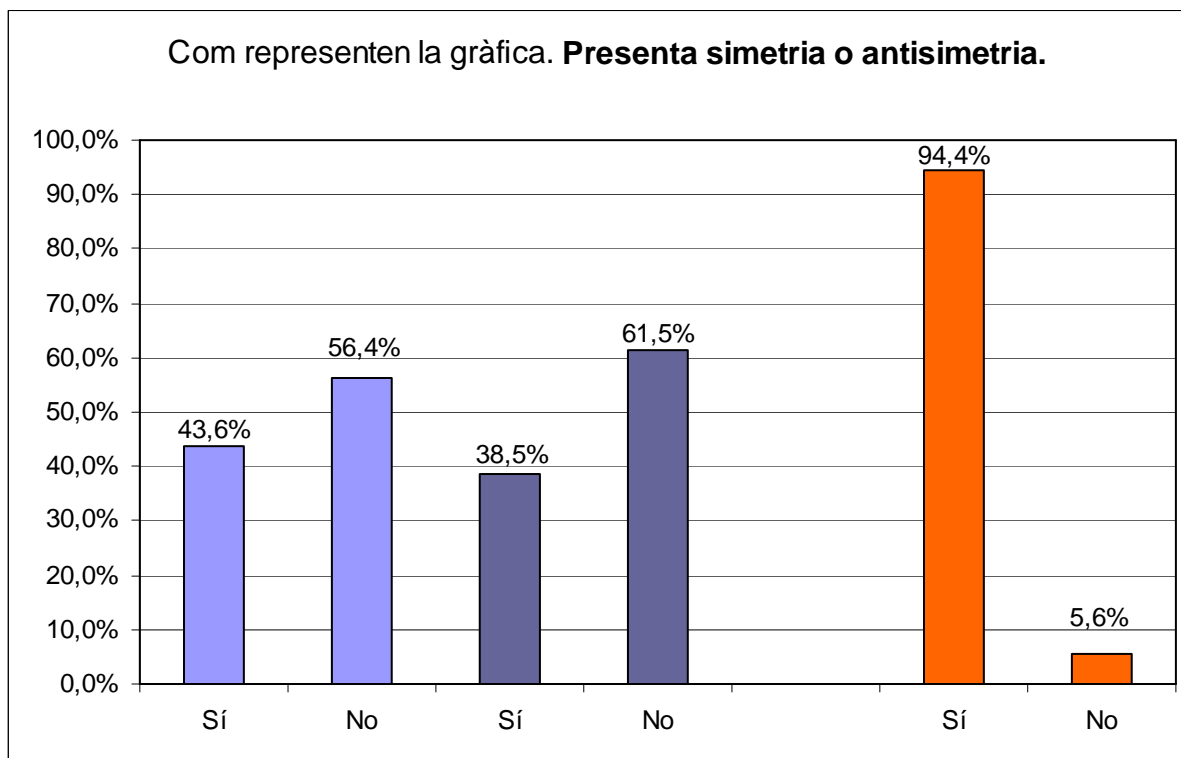
- **P:** Això són paràboles potser?
- **R:** Sí bueno, és com una paràbola perquè la velocitat augmentaria però després disminuirà perquè té una petita frenada per tornar cap enrere. O sigui, seria com una petita variació.
- **P:** Hi hauria de ser de totes maneres aquesta corba?
- **R:** No té perquè, perquè també podria baixar una miqueta però pujar directament.

Les respostes anteriors reforcen la idea de que les representacions gràfiques són bastant flexibles per a l'alumnat i que, tot i que demanava una forma qualitativa i no quantitativa, el que mostren les gràfiques no és realment significatiu per alguns d'ells ja que de la mateixa manera que mostren una cosa també en podrien mostrar una altra.

- Un altre possible motiu recupera comportaments dels englobats anteriorment com a desitjabilitat social. Durant l'entrevista, i això és segurament un aspecte que s'hauria d'haver polit més, la pregunta solia ser *El carret tarda més en tornar?* Aquesta pregunta només admet dues possibles respostes: Sí o No (que en aquest cas també inclou el fet que tarden el mateix, cosa que no ens dona cap informació). Suposem que la tendència natural de l'alumnat davant una pregunta d'aquest tipus és contestar afirmativament per tal de corroborar en certa manera allò que diu el professor i denotar més coneixement per part seva. En el cas de contestar de forma negativa, és probable que hi hagués una segona pregunta demanant el perquè, circumstància que en cas de dubte preferien evitar.
- En algun cas podríem considerar que hi havia un problema d'habilitats, ja que quan es preguntava a l'alumnat si el carret tardava més en tornar o no, manifestaven que sí però que a la gràfica no quedava massa clar per culpa d'haver-ho representat incorrectament. Aprofito per mencionar el fet que sovint el que l'alumnat deia que eren rectes, eren representacions gràfiques amb una certa curvatura, i viceversa. És per això que crec que també hi poden intervenir problemes d'habilitat a l'hora de representar funcions.
- El darrer possible motiu és que, tot i saber que el carret tardava més al tornar (ja sigui per haver-ho vist o per tenir en compte les forces de fregament), no fossin capaços de representar-ho gràficament. El fet de relacionar el moviment, la força de fregament resultant amb que la gràfica v-t ha de representar-se com dues rectes amb diferent pendent, no és una tasca fàcil. Tal i com Viiri, J. i Savinainen, A. (2004) citen de (Kozma, 2003), l'habilitat de l'alumnat a l'hora d'utilitzar més d'una representació (en aquest cas, oral i gràfica) depèn del seu grau de coneixement.

Pel que fa a les 18 prediccions que s'han fet de forma directa, hi ha hagut 3 alumnes (16.7%) que sí que han considerat l'efecte del fregament. Un percentatge que pot semblar baix però molt significatiu si tenim en compte la dificultat de mostrar aquest aspecte en les prediccions.

5.2.3.3. Presenten simetria o antisimetria?



S'observa que en les prediccions prèvies, a on s'hi comptabilitzen 39 persones, fins a 17 persones (43.6%) han fet una predicció que conté elements simètrics o antisimètrics, mentre que 22 persones (32%) no ho han fet. S'ha de tenir en compte que la predicció correcta no presenta cap tipus de simetria o antisimetria. Al fer la predicció definitiva, trobem que d'aquestes mateixes persones n'hi ha 15 (38.5%) que representen una gràfica amb elements simètrics o antisimètrics, mentre que 24 persones (61.5%) no ho fan.

Si investiguem aquest aspecte amb més detall, veiem que de les 17 persones que inicialment representaven funcions simètriques o antisimètriques, n'hi ha 8 que milloren, 6 que empitjoren i 9 que no varien la seva predicció (en base a la predicció que es considera correcta).

Per altra banda, i considerant les 18 persones que varen fer la predicció directament, veiem que només una considera que la gràfica v-t no és ni simètrica ni antisimètrica, mentre que la resta sí.

Les següents interpretacions s'han de prendre com hipòtesis que prenen rellevància en el cas que l'alumnat dubti en algun moment de la forma de la predicció. Interpretem que l'aparició d'elements simètrics o antisimètrics pot estar relacionada amb el fet que l'alumnat, en cas de dubte, opti per a oferir una predicció que tingui una certa bellesa.

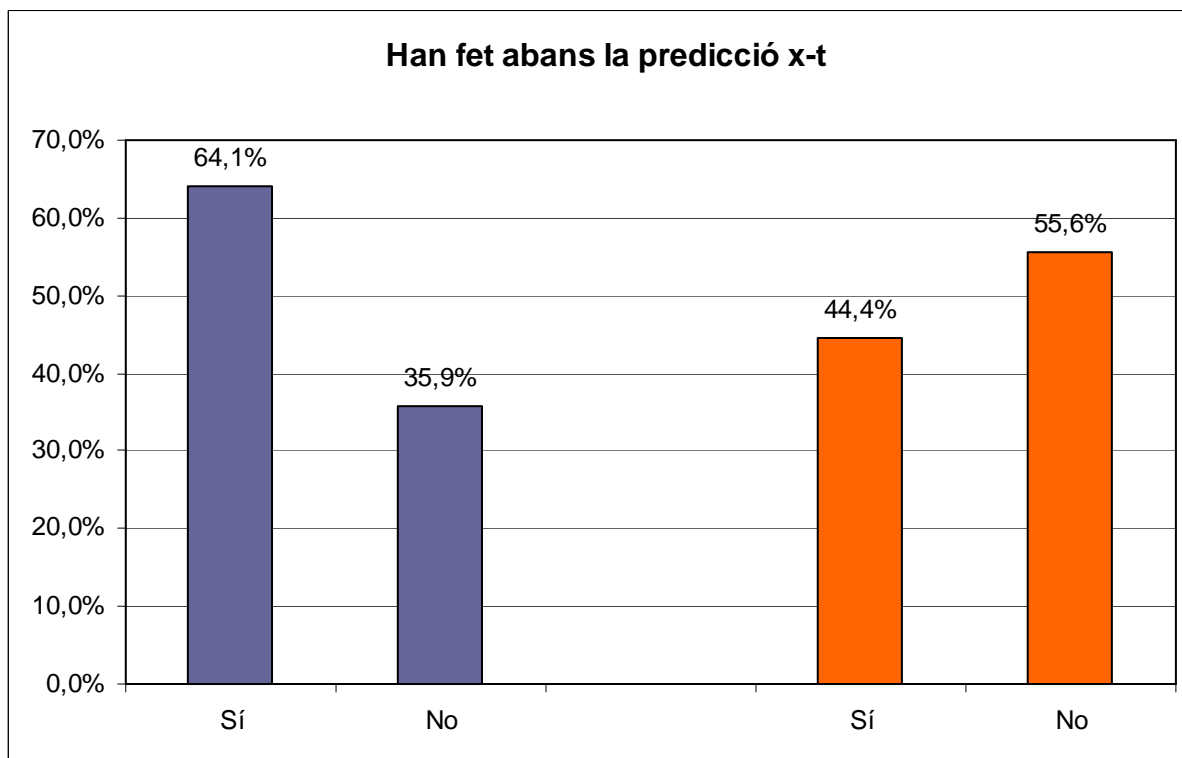
De la mateixa manera que argumentàvem anteriorment que les formes tancades solen ser més agradables que les formes obertes i inacabades, aquí partim de la base que les formes simètriques o antisimètriques solen resultar més agradables. Aquests raonaments creiem que són vàlids almenys a primer cop d'ull, ja que en veure elements simètrics som capaços de trobar-hi una patró i una certa relació entre els diferents punts de la forma. Sovint, quan la forma és simètrica i molt simple (una línia recta per exemple) ens pot resultar més desagradable a llarg termini ja que el nostre intel·lecte ja n'ha "desxifrat" totes les parts i, al no tenir-hi res a fer, ho troba avorrit. Per altra banda, amb els formes més rebuscades (el perfil d'una costa, un paisatge boscós, certs tipus de formes fractals, etc) sol passar al invers, que al principi ens desconcertin i a la llarga som capaços de interpretar-hi certes relacions i, sovint sense ser-ne conscients, ens siguin agradables.

Per altra banda, i en base al que s'ha comentat anteriorment, creiem que hi intervenen també certs arguments teòrics relacionats amb la desitjabilitat social. És a dir, en cas de dubte i per tal d'obtenir una aprovació per part del professorat, creiem probable que l'alumnat tendeixi a representar formes amb certs paràmetres considerats bells. És a dir, si no està clar com s'ha de

fer o continuar la predicció, s'opta per almenys representar una forma agradable, més que no pas representar un gargot intel·ligible.

Malgrat la component psicològica d'inseguretat i dubte que hi pugui haver a l'hora de fer les prediccions i que pot distorsionar l'expressió gràfica dels coneixements de l'alumnat, crec que hi pot intervenir també una component estètica. Creiem plausible interpretar correctament aquest fet dient que: en cas de que l'alumnat dubti en algun moment de com ha de ser la predicció, és probable que opti per iniciar o continuar la representació tot i representant una forma estèticament més agradable. Aquí hi ha dues vessants complementàries per a explicar això. La primera de totes és que l'alumnat representa quelcom estèticament més agradable per tal de sentir-se segur amb el que fa, evitant tant com es pugui el fet de sentir-se insegur i desprotegit. Això lliga amb el que havíem comentat anteriorment del full en blanc, on es tendia a la part més segura de l'espai de representació. La segona vessant d'aquesta hipòtesis lliga també amb la part de la desitjabilitat social, ja que es pot interpretar que el fet que la forma de la gràfica pugui ser més agradable, és fa per tal que l'experimentador (el professor) no observi una forma desagradable o complexa, agradi al seu subconscient i que per tant la feina de la predicció sigui valorada de forma més positiva. A l'apartat de les conclusions es valora la viabilitat d'aquestes suposicions.

5.2.4. Dimensió 4. Han fet abans la predicció x-t



De les 39 persones que varen fer predicció prèvia i predicció definitiva, n'hi va haver 25 (64.1%) que abans de fer la predicció de la gràfica v-t, ja havien fet la predicció de la gràfica x-t (corresponent a la tasca del grup en general). Les 14 persones (35.9%) restants, ho varen fer posteriorment. De les 18 persones que ho varen predir directament, només 8 persones (44.4%) varen fer abans la predicció de la gràfica x-t.

Al llarg dels anàlisis anteriors, hem anat veient que en general, qui feia la predicció de forma directa, representava unes funcions més properes a la predicció correcta. En l'anàlisi de resultats d'aquesta categoria, s'observa de forma qualitativa que aquell alumnat que havia fet la predicció de la gràfica x-t, obtenia millors resultats en les prediccions v-t. Creiem que, de ser així, aquesta evidència estaria relacionada amb el fet que al fer la predicció d'una gràfica x-t, l'alumnat es troba amb la necessitat de recuperar certs coneixements (adquirits anteriorment) i utilitzar-los. Posteriorment, al predir la gràfica v-t, l'alumnat disposa ja de certa experiència i en certa manera ja sap que ha d'utilitzar coneixements recuperats en la primera predicció i és capaç de recuperar altres coneixements més avançats i bastir amb ells la base anterior. Podríem simplificar-ho dient que revisa i reestructura el seu coneixement en dues etapes: la primera corresponent a la predicció x-t i la segona a la predicció v-t. Així, les prediccions v-t són fruit de l'evolució del model mental de l'alumne (Gutiérrez, 2000) en l'etapa de predicció de la gràfica v-t (com tothom) amb la reestructuració del model mental prèvia afegida al fet d'haver predir poc abans la gràfica x-t. En resum, el fet d'haver predir anteriorment la gràfica x-t, aporta una riquesa de conceptes que és molt útil a l'hora de predir la nova gràfica x-t. A la vegada, se'ns fa evident que si l'alumnat ja ha predir abans la gràfica x-t, és més improbable que, a l'hora de fer la predicció de la gràfica v-t, es confongui de variables i cregui que està representant la gràfica x-t.

6. Conclusions, prospectiva i implicacions didàctiques

A tall de resum, primer de tot s'ha tingut en compte què representava l'alumnat quan feia prediccions. En la recollida d'informació hem tingut en compte la forma de la gràfica, la posició on es dibuixava, les possibles modificacions i l'experiència prèvia. Llavors, en voler analitzar el tipus

de funcions representades per l'alumnat, ens ha calgut definir una sèrie de dimensions, subdimensions i categories (organitzades en una xarxa sistèmica) que ens han permès definir uns paràmetres i unes variables per tal de poder descriure les representacions gràfiques observades. Finalment, a l'hora d'interpretar els resultats hem recuperat les recerques corresponents per tal de donar causalitat a les dades obtingudes i per tant conèixer perquè l'alumnat fa certes representacions, com ho fa i quines són les pautes, conscients o subconscients, que utilitza per a representar un tipus de gràfica o un altre.

6.1. Conclusions

Durant el procés d'anàlisi de les dades s'ha observat que, degut a la riquesa d'aquestes, la informació obtinguda podria donar lloc a recerques molt més variades. Malgrat tot, i per no allunyar-nos de les qüestions de recerca, s'ha contemplat només aquella informació que directa o indirectament ens apropava a respondre el problema plantejat en la recerca actual. De totes maneres, els resultats es desaran per si en un futur es vol iniciar una nova recerca, ja que durant la recopilació i l'anàlisi de la informació han sorgit una sèrie de noves qüestions de recerca.

En base a les qüestions de recerca que ens hem plantejat inicialment i a l'anàlisi de les dades obtingudes, passem a concloure la present recerca. Inicialment, partint de l'experiència en la pràctica ja esmentada, ens preguntàvem dues coses: **Quins problemes o dificultats pot tenir l'alumnat a l'hora de predir gràfiques v-t? i Quins criteris i formes de representació utilitza a l'hora de representar les corresponents gràfiques?**. Degut a la gran varietat d'informació que s'obté d'aquesta recerca, hem cregut convenient organitzar les conclusions de la mateixa manera que els diversos marcs teòrics que han donat suport a aquesta recerca.

6.1.1. Física

Si considerem que aquesta recerca es basa en una pràctica de física al laboratori, és natural pensar que gran part de les dificultats estaven relacionades amb una manca de coneixement general dels conceptes físics. No obstant, després de l'anàlisi detallat de les dades obtingudes observem que la immensa majoria de l'alumnat tenia coneixements, de forma aïllada, dels conceptes bàsics necessaris per a dur a terme la predicció de la gràfica v-t. El problema es manifestava a l'hora d'aplicar aquests coneixements, interrelacionar-los entre sí i raonar en base a ells. És a dir, per la majoria de l'alumnat l'aprenentatge dels conceptes no era significatiu.

6.1.2. Didàctica de la física

Múltiples representacions. El fet de recollir dades en diferents formats (escrit, gràfic i oral) i el fet de fer-ho de forma gairebé simultània, feia que l'alumnat hagués de posar a prova el seu model intern mentre representava la gràfica de la predicció, descrivia per escrit el moviment corresponent i ho explicava a l'entrevistador. Aquestes múltiples formes d'expressar el mateix fenomen feien que la part de la didàctica de la física encarregada d'estudiar les múltiples representacions prengués una especial importància al llarg de l'experiència i de la recollida i el buidatge de les dades.

En moltes de les prediccions inicials, de qui les feien, s'havien detectat incoherències a l'hora d'expressar el fenomen en diferents llenguatges (especialment oral i gràfic). El fet que la majoria d'aquestes incoherències desapareguessin al llarg del procés de modificació de la predicció implica que l'alumnat incorporava els diferents coneixements adquirits dins de l'estructura del seu model intern. S'observa per tant que l'ús de les múltiples representacions a l'hora d'expressar un fenomen i el fet d'enfrontar l'alumnat amb les diferents representacions que fa del mateix fenomen, és un fet que pot ajudar l'alumnat a adquirir un aprenentatge significatiu.

MBL. Creiem, i així ho indiquen moltes recerques (Fernández, C., Oro, J., Pintó, R., 1996 ; Ellis, G. W., Turner, W. A., 2002; Sassi, E., 1997, entre d'altres), que el fet d'utilitzar aquest tipus de tecnologia a les classes de física afavoreix l'adquisició d'una sèrie de competències bàsiques per a l'alumnat. Malgrat tot, no podem oferir dades quantitatives al respecte ja que la present recerca no disposa, actualment, de cap contrapartida a on l'alumnat no hagi utilitzat l'MBL abans de predir les gràfiques v_t.

Dificultats en la interpretació de gràfiques. Hem observat que l'alumnat presentava bastants problemes a l'hora d'interpretar gràfiques. La major part de problemes d'aquest tipus es basaven en la confusió de variables, Fernández et al. (1996) o Beichner (1994), ja que moltes persones predeïen la gràfica v-t pensant només o bé en la forma o bé en les variables de la gràfica x-t.

Una de les altres dificultats era la confusió entre els conceptes velocitat i acceleració, segurament degut a l'ús quotidià que es pot fer d'aquestes paraules i la gran varietat de contextos a on les apliquem, així ho indica Meltzer (2002), entre d'altres.

Molts dels problemes de l'alumnat estaven relacionats amb la confusió entre velocitat negativa i inversió de moviment, Sassi (1997). Per altra banda, segurament pel tipus d'informació que recollíem, en general no hem detectat problemes com la confusió entre els canvis de magnitud de la velocitat i el signe i la magnitud de l'acceleració o confusió entre $x(t)$ i la trajectòria geomètrica del moviment ni dificultats de tipus matemàtic.

A més a més, i centrant-nos en la cinemàtica, que és el model científic que emmarca aquesta recerca, s'ha de tenir en compte que generalment es sol explicar el model de forma fragmentada (el professorat va aportant petits detalls i va elaborant les corresponents equacions de manera progressiva en comptes de fer-ho simultàniament). D'aquesta manera, al final, l'alumnat ha d'haver estat capaç per ell mateix de reconstruir les petites peces que ha aportat el professorat, crear el nou model científic general i adaptar-hi els seus coneixements previs tot i reconstruint-los (o eliminant-los) de forma adequada. Si considerem que ensenyar el concepte de posició, el de velocitat i fins i tot els conceptes de pendent i gràfiques, són petites parts del model que s'han donat per separat i que per una altra banda hi ha la dificultat d'interpretar gràfiques i relacionar-les amb el fenomen real, se'ns fa evident que l'alumnat pot tenir algunes dificultats per a relacionar tots aquests conceptes. A partir dels raonaments anteriors, si a més a més es té en compte que a l'hora d'ensenyar cinemàtica a l'aula primer es sol parlar de posició i llavors de velocitat (tant pel que fa a conceptes com a la interpretació de les mateixes gràfiques), tenim motius més que suficients per pensar que això pot ser un dels motius pels quals l'alumnat confongui sovint les gràfiques x-t amb les gràfiques v-t (no només en la seva representació gràfica sinó també en la seva justificació).

Al llarg de les entrevistes, i així ha quedat plasmat en els enregistraments d'àudio, s'ha detectat com sovint l'alumnat modificava les seves prediccions. Això és un símptoma molt evident, i a la vegada enriquidor per a nosaltres, de com l'alumnat reestructurava el seu model mental intern al llarg del procés de predicció. És per aquest motiu que l'anàlisi de les dades s'ha fet diferenciant l'alumnat que modificava la predicció dels qui no ho feien. Podríem dir que, en molts casos, hem estat testimonis directes de com l'alumnat realment aprenia.

6.1.3. Altres marcs teòrics i/o empírics

Desitjabilitat social. Les entrevistes amb l'alumnat creiem que reforcen la idea de que gran part de les dades obtingudes mostren una tendència de l'alumnat a donar una resposta socialment acceptada, dins del context de la pràctica. És a dir, en cas de dubte l'alumnat optava per uns resultats que, sota el seu punt de vista, poguessin ser més ben valorats per part de l'entrevistador. Aquest nou enfocament a l'hora d'analitzar les dades creiem que ens ha obert molt la perspectiva de l'anàlisi ja que ens ha permès tractar i considerar l'alumnat més com una persona i menys com una font d'informació per a la recerca en didàctica.

Després de l'anàlisi de les dades s'observa que els aspectes de desitjabilitat social s'entreveuen més en les prediccions prèvies, qui les fa, que en les definitives, on l'alumnat ja havia estat capaç de raonar i estructurar el problema i segurament no deixar-se portar tant per motivacions socials. Per altra banda, aquell alumnat que feia la predicció directament, no donava la sensació que mostrés aquests símptomes relacionats amb la desitjabilitat social.

La conducta davant el full en blanc. La part de l'anàlisi corresponent a on l'alumnat representava la gràfica creiem que pot estar fortament influenciada pel que anomenem la Conducta davant el full en blanc, ja que tant l'origen de coordenades com, per extensió, l'eix d'abscisses són un referent a seguir i/o a tenir en compte en cas de dubte. S'observa també que aquest tipus de conducta tendeix a desaparèixer en el cas de l'alumnat que modifica les seves prediccions. Al modificar la predicció, generalment es fa per a millorar-la en un o més dels seus aspectes característics. Si suposem doncs que les prediccions modificades tendeixen a millorar,

això ens dona arguments per pensar que quan les prediccions s'inicien o s'acaben a l'eix $v=0$ en la primera predicció és un símptoma de la inseguretat de l'alumnat en el moment de trobar-se amb una gràfica en blanc que s'ha d'omplir.

Gargots inconscients. Recordem que la validesa de l'anàlisi des d'aquesta perspectiva està condicionat al fet que l'alumnat, en major o menor mesura, no sàpiga com fer la predicció. Així doncs això és només una possible forma d'interpretació sense entrar a discutir la personalitat o l'estat anímic de l'alumnat. Només com a possible exteriorització del dubte davant d'una qüestió que no sabia com resoldre. Després de l'anàlisi de les dades i de les nombroses perspectives des de les quals poden ser tractades, veiem que aquest marc teòric no ens aporta una informació massa clara ni fiable per tal d'extreure'n alguna conclusió interessant per a aquesta recerca.

Criteris estètics. La hipòtesi que aquí fem és doncs que en observar inicialment una gràfica, li assignem inconscientment alguna forma coneguda (quadrat, triangle, etc.) de la qual podem fer-nos-en una representació mental, que puguem associar a alguna cosa coneguda, valorant més la component estètica que ens proporciona a primera vista i potser menys la informació que ens dona. Creiem que a nivell general caldria investigar molt més a fons la relació entre la representació de gràfiques i els criteris estètics.

Principi de tancament i Principi de simplicitat. En base a l'anàlisi de les dades, creiem que aquesta visió ens ha ajudat, dins dels límits pertinents i amb la precaució necessària, a entendre alguns comportaments de l'alumnat com el fet d'acabar les prediccions a $v=0$ o dibuixar formes simètriques i agradables. Aquestes perspectives innovadores ens han permès donar un aire fresc a la interpretació de les prediccions de l'alumnat. Creiem que la relació entre aquestes i la didàctica de les ciències és un camp en el qual caldria investigar-hi més a fons en un futur.

6.2. Resolució de les qüestions de recerca

Com ja s'ha comentat en el seu moment, en el context de la pràctica que ha motivat aquesta recerca, hem observat en nombroses ocasions com l'alumnat dubtava a l'hora de predir qualsevol tipus de gràfica. Aquest fet va motivar en part aquesta recerca i és per això que ens hem fixat especialment en els moments en que l'alumnat dubtava de la predicció que havia de fer o continuar.

Quan l'alumnat s'enfronta amb el fet d'haver de fer una predicció, cal que recuperi els seus coneixements i els apliqui de forma correcta. De totes maneres, aquest procés no és sovint quelcom trivial i tot i tenir una sèrie de coneixements elementals en física, sovint no és capaç de percebre el model científic pertinent des d'una perspectiva global que li permeti utilitzar-los per a una finalitat concreta. Aquesta fragmentació del model fa que sovint els coneixements adquirits s'apliquin de manera contradictòria en diferents contextos. Per exemple, un alumne pot ser capaç de dir que quan hi ha una acceleració la velocitat no és constant; que quan hi ha acceleració, la forma de la gràfica $x-t$ és una paràbola; que quan la velocitat és constant, la gràfica $x-t$ és una recta; i pot saber també quina relació hi ha entre posició, velocitat i acceleració. Però malgrat tot això, ens hem trobat que sovint no han estat capaços de representar una gràfica $v-t$ mínimament correcta.

Quan aquests diferents aspectes del model científic han de ser aplicats utilitzant diferents representacions (gràfica, text i diàleg) apareixen sovint contradiccions elementals. L'alumnat, al comprovar la incoherència global entre les diferents parts dels seus coneixements, es troba amb la necessitat de reestructurar-los i adaptar-los al seu model intern preexistent. Al llarg d'aquest procés de reestructuració interna, és quan l'alumnat modifica la seva predicció inicial fins que aquesta encaixi amb el seu nou model intern.

Així doncs, partim de la base que les prediccions ja modificades estaven més elaborades que les inicials i inclouen una coherència estructural basada en la reestructuració del model intern de l'alumnat. En base a les dades obtingudes, s'observa que en les prediccions inicials de l'alumnat abundaven aspectes com: començar a l'origen, acabar a l'origen, dibuixar formes simètriques o antisimètriques i dibuixar formes corbes

En les prediccions definitives, s'observa que en general aquestes característiques tendeixen a desaparèixer. Val a dir que aquests trets no són propis de la gràfica correcta de la velocitat i que per tant, les prediccions presenten lleugeres millores en la seva versió final. Anem a exemplificar això en base a les dades obtingudes, referint-nos sempre als 39 alumnes que modificaven la predicció:

En cas de dubte per part de l'alumnat les possibles actituds que ens podem trobar són:

Començar a l'origen: Pel que fa a començar a l'origen de coordenades, veiem que un global de 6 persones, aproximadament un 15% de l'alumnat, ho feia al principi però no al final. Malgrat la tendència a reproduir les gràfiques més habituals, que solen començar a l'origen de coordenades i s'ubiquen en el primer quadrant, creiem que aquest fet pot estar a l'hora motivat pel fet que l'origen de coordenades és, icònicament, un racó a on l'alumnat es pot sentir més segur davant del dubte d'haver de fer la predicció. Creiem que un 15% és un percentatge bastant significatiu que ens porta a afirmar, dins de les limitacions de la recerca i del marc teòric que l'erigeix, que en cas de dubte l'alumnat tendeix a iniciar el traç de la predicció a l'origen de coordenades, un aspecte clarament relacionat amb el que havíem comentat del comportament davant del full en blanc.

Acabar a l'origen: Pel que fa a acabar la predicció a l'eix d'abscisses (prolongació de l'origen de coordenades), veiem que un global de 4 persones, un 10% de l'alumnat aproximadament, ho feia al principi però no al final. El fet d'acabar la gràfica a l'eix de $v=0$ pot ser degut a diversos motius com per exemple que l'alumnat raoni que el carret s'acaba finalment aturant. No obstant, i amb molta precaució, creiem que les dades obtingudes ens donen forces motius per pensar que aquest tipus de comportaments poden ser deguts també a altres motius:

- Necessitat d'un retorn a l'origen en cas de dubte a l'hora d'acabar la predicció, també relacionat amb el comportament davant del full en blanc.
- Possible tendència natural a tancar una forma de manera que no quedi una figura oberta, relacionat amb el principi de tancament de les lleis de la Gestalt.
- Incomoditat, des del punt de vista estètic, a l'hora de deixar un extrem de la funció lliure. Relacionat amb els criteris estètics de que un segment pot denotar certa agressivitat i també amb el desig inconscient de l'alumnat d'oferir uns resultats agradables en cas de dubte (desitjabilitat social). També pel fet que l'alumnat pugui inconscientment pensar que un extrem de funció lliure indica quelcom inacabat.

Dibuixar formes simètriques o antisimètriques: Pel que fa a la simetria o antisimetria de la predicció, veiem que un global de 2 persones, un 5% de l'alumnat aproximadament, ho feia al principi però no al final. La idea per la qual s'ha analitzat aquest aspecte de les prediccions està relacionada amb els criteris estètics de que quelcom simètric o antisimètric és més agradable a la percepció i que per tant l'alumnat, en cas de dubte tendeix a representar unes prediccions que puguin resultar més agradables tant a ell com a l'entrevistador. Aquestes teories quadren amb el principi de simplicitat de les lleis de la Gestalt, que ho tracta especialment per a les formes simètriques. No obstant, hem cregut convenient afegir-hi també les formes antisimètriques (no asimètriques) ja que les podem interpretar com una forma de simetria respecte a dos eixos perpendiculars.

Malgrat tot, creiem que les dades obtingudes no ens indiquen que aquesta hipòtesis sigui correcta. Això no vol dir que no ho sigui, simplement que amb la quantitat d'informació analitzada no hem arribat a cap resultat concloent en aquest aspecte. En tot cas, aquest és el resultat i deixem la porta oberta a possibles noves investigacions més exhaustives.

Dibuixar formes corbes: I finalment, si analitzem la forma de la gràfica de la predicció, veiem que un global de 7 persones, 18% aproximadament, ha millorat d'alguna manera aquest aspecte al llarg del procés de modificació, ja que al principi representaven funcions no lineals i al final acaben representant funcions lineals o funcions que combinen linealitat i no linealitat. En aquest cas creiem que gran part d'aquests canvis estan motivats pel que comentàvem anteriorment sobre l'evolució del model mental intern de l'alumnat en adonar-se de les possibles incoherències inicials que presentaven els seus coneixements.

No obstant, creiem que les dades ens mostren un altre motiu a l'hora de representar formes corbes, i aquest és el fet de que una paràbola és un símbol de quelcom més elaborat i avançat,

des de la perspectiva curricular, que no pas una línia recta, que esdevé una forma molt senzilla i simple, potser massa i tot (segons el possible criteri de part de l'alumnat).

Tot i això, i malgrat algunes dades concretes, amb la informació obtinguda i analitzada creiem no poder afirmar amb rotunditat que el fet de dibuixar línies corbes en comptes de rectes sigui en part motivat pel desig de l'alumnat a oferir una resposta agradable. Prenent com a referència els criteris estètics i de gargots espontanis que indiquen que una línia corba, més sinuosa, és menys agressiva per a l'observador.

Cal també parlar de l'alumnat que feia les prediccions directament, sense fer cap tipus de modificació de la predicció. Tot i no aportar una informació tan valuosa, aquestes prediccions ens ajuden a reforçar el que hem comentat anteriorment sobre la resta de l'alumnat. En base a les dades obtingudes, veiem que aquestes persones representaven unes prediccions que en general s'apropaven més a la predicció correcta que no pas aquelles persones que modificaven algun aspecte de la gràfica. Això per a nosaltres és un indicador de que l'alumnat que no modificava la predicció tenia molt més clars els conceptes, tenia un model intern més estructurat i complet i que per tant havia tingut un aprenentatge molt més significatiu.

Creiem convenient també comentar breument les dades obtingudes en la última dimensió de la xarxa sistèmica referent a si l'alumnat havia fet prèviament la predicció de la gràfica x-t. Com ja hem comentat, qualitativament creiem que qui feia abans la predicció de la gràfica de la posició tenia tendència a fer una predicció més correcta de la gràfica de la velocitat. Això ho podem explicar dient que en el moment de fer la predicció x-t, com ja hem comentat, l'alumnat reorganitzava els seus coneixements i reestructurava el seu model intern. Així en el moment de fer la predicció v-t, aquestes persones disposaven probablement d'un model intern més elaborat i més complet respecte a aquelles que no ho havien fet. No s'han analitzat les prediccions x-t perquè queden fora de l'abast d'aquesta recerca.

6.3. Prospectiva i implicacions didàctiques

Tal i com s'ha comentat anteriorment a l'hora de justificar la recerca, els resultats de la mateixa creiem que tenen una sèrie d'implicacions didàctiques que han estat reforçades després de l'anàlisi de les dades.

Per una banda, pel que fa als camps de la física i de la didàctica de la física, s'ha comprovat el que molts autors han apuntat respecte a la interpretació de les gràfiques, la confusió de signes i les dificultats de l'alumnat a l'hora d'utilitzar múltiples representacions.

En segon lloc i pel que fa a la introducció dels marcs teòrics menys habituals pel que fa a la recerca en didàctica de les ciències, hem vist com, en línies generals, arribàvem a conclusions que tendien a afirmar algunes de les hipòtesis inicials i a rebutjar-ne unes altres. Tal i com s'ha comentat inicialment, els marcs teòrics poc habituals que hem introduït tenien la funció de guiar bibliogràficament una sèrie d'hipòtesis que havíem plantejat. Esperem poder investigar més a fons aquests aspectes en un futur, però el que sí està clar és que aquesta recerca serà la base d'on es partirà i que per tant ens aportarà una sèrie de criteris i orientacions de per on cal continuar, ja sigui per acabar de confirmar o rebutjar definitivament.

Aquest tipus de resultats creiem que són interessants per a la comunitat investigadora i per al professorat ja que reforcen algunes teories i estableixen les bases per a futures investigacions. A més a més, i a nivell personal, creiem que les conclusions d'aquesta recerca són d'una importància vital per al treball i les investigacions que estem realitzant amb l'alumnat en el context de la pràctica de laboratori que hem indicat anteriorment.

6.4. Validesa i fiabilitat

En primer lloc cal mencionar que per tal de poder arribar a les conclusions que hem formulat, les dades han estat prou riques i abundants i han estat analitzades acuradament i a partir dels marcs

teòrics prèviament definits. A més a més, el nombre de participants en l'estudi (la mostra) ha estat suficientment gran pel tipus de resultats que es buscaven i el nivell de generalització que s'ha fet. És evident però que cal fer més recerca per tal d'aprofundir en les qüestions de recerca plantejades, tot i tenint en compte altres factors que no han estat controlats en aquesta recerca.

Les informacions de l'alumnat que han permès dur a terme aquesta recerca, han estat escollides a partir de les dades experimentals intentant que (sobretot en l'entrevista) les opinions de l'alumnat no estiguessin condicionades pel que jo deia o donava a entendre. És per això que en el moment de l'anàlisi molta informació ha estat rebutjada perquè, segons el meu criteri, l'opinió de l'alumnat estava condicionada a les meves paraules. Aquest detall se m'ha fet palès una vegada ja havia recollit les dades i m'era impossible obtenir noves dades en les mateixes condicions que les anteriors. El fet que l'alumnat pogués condicionar les seves respostes o no en funció dels meus comentaris està motivat per la intenció que tenia d'obtenir la màxima informació sobre els motius de la predicció v-t que havien dut a terme. Així doncs és possible, tot i que no desitjable, que de forma inconscient, pogués acabar ajudant a l'alumnat a arribar a una resposta que fos coherent amb l'observació del fenomen, la predicció de la gràfica x-t, les forces resultants, els signes, etc.

També cal assenyalar que les dimensions i categories han estat consensuats a partir de llargs debats i que la codificació de les dades ha estat validada fent que la directora del treball repetís el mateix procés amb múltiples de les dades i comparant les diferències i similituds.

7. Bibliografia

BEICHNER, R. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs.

BEICHNER, R. (2007). Kinematics Graph Interpretation Project. (<http://www.ncsu.edu/per/TUGK.html>)

CARVER, C. S., SCHEIER, M. F. (1996). Teorías de la personalidad.

CASTANEDA, C. (1972) Viaje a Ixtlan: las enseñanzas de Don Juan. Ed. Fondo de Cultura Económica.

DENISE L., (1999). Using Computer-Based Laboratories to Teach Graphing Concepts and the Derivative at the College Level

DÍAZ, K. A., (2006). Leyes de la Gestalt (I, II y III). (<http://www.innatia.com/s/c-psicologia-gestalt/a-leyes-gestalt-iii.html>)

ELLIS, G. W., TURNER, W. A. (2002). Improving the Conceptual Understanding of Kinematics through Graphical Analysis

ESCORIZA, J., BOJ, C. (1993). Expresión y representación en la actividad gráfica infantil.

ESTRADA, E. (1991). Genesis y evolución del lenguaje plástico de los niños.

FERNÁNDEZ, C., ORO, J., PINTÓ, R., (1996). Profile evolution in the interpretation of kinematics graphs using MBL technology.

FONTA, E., SIMÓN, J. (1997). La grafoanàlisi. El dibuix i l'escriptura.

GINER, E., GIRONA, T. (2006). La grafologia.

GUTIERREZ, R. (2000). Mental models and the fine structure of conceptual change. XIII GIREP. Barcelona.

LAPP, D. A., CYRUS, V. F. (2000). Using data-collection devices to enhance students' understanding.

- LEONE, G., (2009). Leyes de la Gestalt (<http://www.guillermoleone.com.ar/>)
- LINDWALL, O. (2008). Lab work in science education: Instruction, inscription, and the practical achievement of understanding.
- MELTZER, D. E. (2002). Student learning of physics concepts: efficacy of verbal and written forms of expression in comparison to other representational modes.
- PADRÓN, E., (2002-2003) De cómo la geometría entrelaza ciencia y arte: Historia de un poliedro
- PINTÓ, R., FELIU, V., SAEZ, M. (2004). Science teacher education: Theoretical foundations for teacher and resources for running a workshop. Integrating Knowledge for the Use of Informatic tools. Report D4 for the European Commission. (<http://dewey.uab.es/crecim/ikuitse>)
- PINTÓ, R., FELIU, V., GARCIA, P., GUILLAUMES, M. (2004). Dealing with simulation micro-worlds in Science classes. Integrating Knowledge for the Use of Informatic tools in Science education. Report D2 for the European Commission. (<http://dewey.uab.es/crecim/ikuitse>)
- PINTÓ, R., GARCIA, M.P. (2005). Introducing simulation software in physics classes: risks and opportunities. Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science
- PINTÓ, R., ALIBERAS, J., GÓMEZ, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre las concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 2.
- POZO, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio representacional.
- SÀEZ, M., PINTÓ, R., GARCIA, P. (2005). Interconnecting concepts and dealing with graphs to study motion. [ESERA. Barcelona 2005](#)
- SASSI, E. (1997). Computer based laboratory to address learning/teaching difficulties in basic physics.
- SAVINAINEN, A., VIIRI, J. (2003). A case study on evaluating students' representational coherence of Newton's first and second laws.
- SAVINAINEN, A., SCOTT, P. (2002). 1. The force concept inventory: a tool for monitoring student learning.
- SAVINAINEN, A., SCOTT, P. (2002). 2. Using the force concept inventory to monitor student learning and to plan teaching.
- SAVINAINEN, A., VIIRI, J. (2002). Using the force concept inventory to characterise students' conceptual coherence.
- TRAVER, F., (2009) (<http://pacotraver.wordpress.com/2009/07/>)
- VIENNOT, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*.
- VIIRI, J., SAVINAINEN, A. (2004). The development of students' representations coherence.
- WAGENSBERG, J. (2007). El gozo intelectual teoría y práctica sobre la inteligibilidad y la belleza
- WAGENSBERG, J. (2004). La rebelión de las formas: o cómo perseverar cuando la incertidumbre aprieta.
- XANDRO, M. (1973). *Grafología elemental*.

8. Annexos

Annex 1.

Pràctica del REVIR. Correspon al dossier de pràctiques que tenia l'alumnat al llarg de la sessió.

Annex 2.

Imatges corresponents a les gràfiques de les prediccions de l'alumnat. Format digital (fitxer comprimit).

Annex 3.

Enregistraments d'àudio corresponents a les respostes (orals) de l'alumnat.

Annex 4.

Qüestionaris corresponents a un dels instituts amb les transcripcions detallades de les corresponents entrevistes.

ANNEX 1



PROJECTE REVIR - EDUCACIÓ VIÀRIA 2

Dissenyat per a alumnes de Batxillerat

1.- EXPERIÈNCIA DE LABORATORI AMB CAPTADOR DE DADES
De què depèn que la distància mínima de seguretat entre dos vehicles sigui més o menys gran?

2.- SIMULACIÓ AMB "INTERACTIVE PHYSICS "
Com fer que dos cotxes no xoquin?

Nom de l'alumne: _____

Centre: _____

Grup: _____

CRECIM_ Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica
Universitat Autònoma de Barcelona
Bellaterra, febrer 2008

1. PROBLEMA A RESOLDRE :

- Quina relació experimental hi ha entre la velocitat del carret i la distància que es necessita per aturar-lo del tot?
- S'ajusta aquesta relació a la que pots predir teòricament?

2. EQUIPAMENT UTILITZAT PER A RESOLDRE EL PROBLEMA**MUNTATGE DEL CARRET**

Utilitzaràs un carret que es desplaçarà per un carril. Aquest carret té lligat un portapeses que actua de fre. El sensor de distància detectarà les diferents posicions del carret al llarg del temps i enviarà aquestes senyals digitals a la consola. Aquesta a la vegada processarà les dades i les enviarà a l'ordinador, on mitjançant el programa "multilab" es representaran gràficament les dades.

3. LLANÇAMENT DEL CARRET I ANÀLISI DEL SEU FUNCIONAMENT

- a) Sense engegar el sistema de captació de dades practica diversos llançaments de la següent manera:

Estira la cinta de goma elàstica i llença el carret pel carril de tal manera que en el moment en que deixa d'estar en contacte amb la goma elàstica rebi una força constant, en sentit contrari al seu moviment (fre). Aquesta força constant l'està fent un portapeses unit al carret a través d'una corda que llisca per una politja. Fes que el carret es desplaci al voltant de 0,5m i ho faci sense salts.

- D'on prové la velocitat inicial?
- D'on prové la desacceleració?
- Com es pot fer parar el carret més a prop del sensor?
- Com ha de ser la velocitat inicial per tal que el carret s'aturi més a prop o més lluny del sensor?

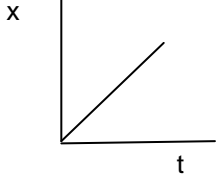
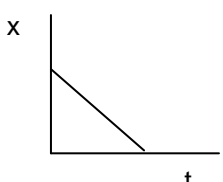
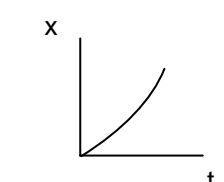
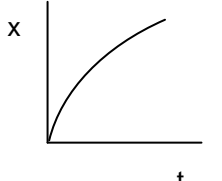
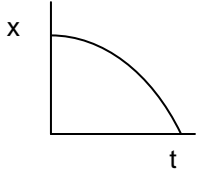
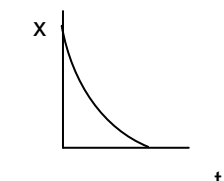
- b) Discussiu i escriu com és que el carret es posa en marxa i què el fa parar.

4. PREDICCIÓ DE LA GRÀFICA POSICIÓ-TEMPS DEL MOVIMENT DEL CARRET

a) Primer de tot faràs un repàs de les gràfiques de diversos moviments.

Observa les gràfiques de sota i **encercla** la resposta que creguis correcta per a cada bloc. (x = posició)

Bloc a	1. Correspon a un mòbil amb una velocitat sempre igual
	2. Cada vegada va més de pressa
	3. Cada vegada va més a poc a poc
Bloc b	4. S'allunya de l'origen
	5. S'acosta a l'origen
Bloc c	6. El seu moviment és un m.r.u
	7. El seu moviment és un m.r.u.a

								
Bloc a	Bloc b	Bloc c	Bloc a	Bloc b	Bloc c	Bloc a	Bloc b	Bloc c
1 2 3	4 5	6 7	1 2 3	4 5	6 7	1 2 3	4 5	6 7
								
Bloc a	Bloc b	Bloc c	Bloc a	Bloc b	Bloc c	Bloc a	Bloc b	Bloc c
1 2 3	4 5	6 7	1 2 3	4 5	6 7	1 2 3	4 5	6 7

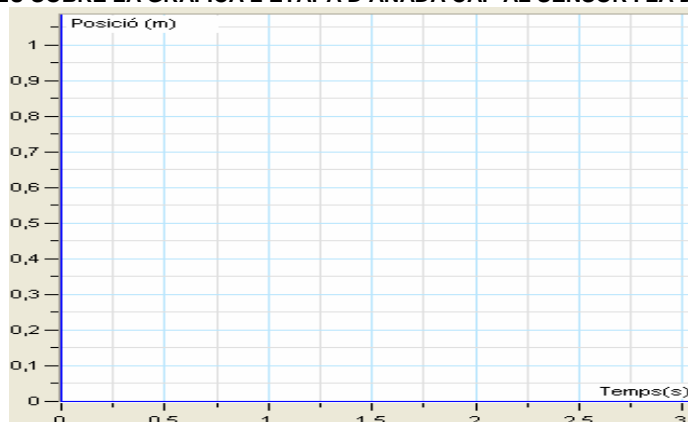
b) Ara passa a predir la gràfica posició-temps pel **moviment d'anada i tornada del carret**.

Per tal de dibuixar l'inici de la gràfica posició-temps has de saber quin és l'origen de referència del sistema de captació de dades. En el nostre cas hem escollit que ho sigui el sensor.

(La distància = 0m es troba en el sensor)

Dibuixa la forma que creguis que tindrà la gràfica posició-temps del carret pel moviment d'anada cap al sensor i de tornada, suposant que en total dura 2,5 s. Interessa la forma de la gràfica, no els seus valors numèrics.

❖ **MARQUEU SOBRE LA GRÀFICA L'ETAPA D'ANADA CAP AL SENSOR I LA DE TORNADA !!!!**



La gràfica que has dibuixat correspon a un m.r.u o m.r.u.a ?

5. CONFIGURACIÓ DE L'EQUIPAMENT INFORMÀTIC

Sempre que vulguis fer una mesura amb aquest equipament hauràs de configurar el sistema de captació de dades (Multilog) i el de representació de les dades (Multilab). Segueix la pauta per a configurar el sistema.



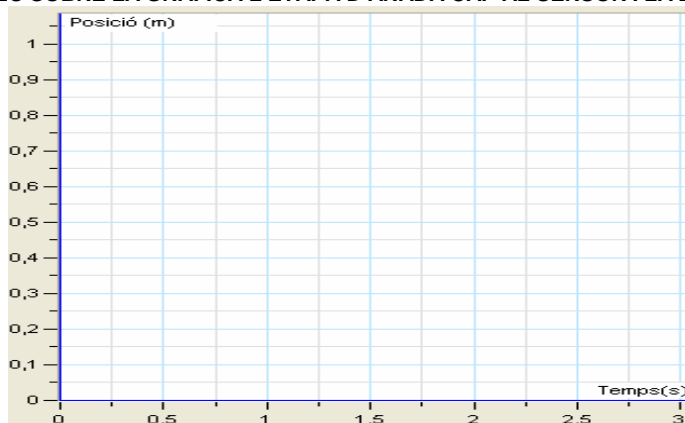
6. PRESA DE DADES I ANÀLISI DE LA GRÀFICA RESULTANT

a) Les dades preses es representaran gràficament, tal i com ho hagi configurat. Per a pendre les dades segueix la pauta (pàgina 2).

b) Una vegada has recollit les dades i gràfiques és moment d'analitzar-les.

Dibuixa la gràfica posició-temps pel moviment d'anada i tornada que has obtingut en pantalla per un dels llançaments (no dibuixis els rebots) i compara-la amb el que havies predit.

❖ **MARQUEU SOBRE LA GRÀFICA L'ETAPA D'ANADA CAP AL SENSOR I LA DE TORNADA !!!!**



c) Escribe les semblances i diferències entre la gràfica predita i l'obtinguda.



7. TREBALL AMB LES GRÀFIQUES OBTINGUDES

Ara treballaràs i manipularàs la gràfica posició-temps que tinguis guardada i llegiràs els valors de la distància de frenada de cada llançament. Segueix els següents passos amb l'ajut de la pauta (**Manipulació de la gràfica**):

7.1. Selecciona el tros de la gràfica que representa el **MOVIMENT D'ANADA** del carret i anota els valors **dx** i **dy** a la taula de la pàgina 6.

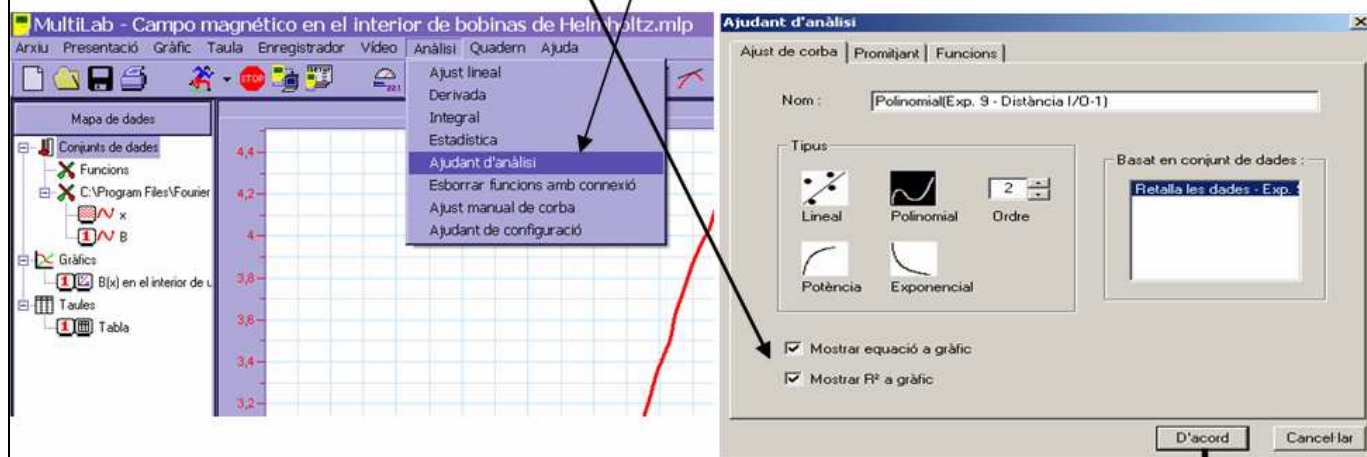


7.2. Retalla el tros de la gràfica que representa el **MOVIMENT D'ANADA** del carret.

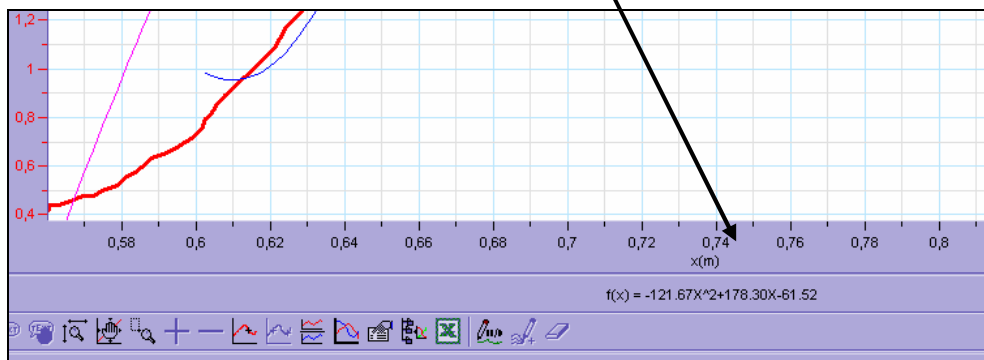
7. TREBALL AMB LES GRÀFIQUES OBTINGUDES

7.3. Ara al retall de la gràfica experimental posició-temps li has d'ajustar la gràfica d'una funció i n'obtindràs la seva equació.

- Aneu a l'opció del menú **Anàlisi | Ajudant d'anàlisi** i seleccioneu el tipus de corba que us sembli més adequada al tipus de moviment del vostre carret (Lineal vol dir línia recta, polinomial d'ordre 2 vol dir una paràbola, etc.). Marqueu també **Mostrar R² a gràfic**.



7.4. Observa que a sota de la gràfica apareix una equació, al seu costat trobaràs el valor del coeficient de correlació R². Copia l'equació a la taula de la pàgina 6.



Aquest coeficient determina la bondat de l'ajustament i pot tenir un valor entre 0-1. **Una corba s'ajusta completament al conjunt de dades quan el coeficient de correlació R² és 1.**

- Quin coeficient de correlació R² has obtingut?
- Això vol dir que les dades que tens sobre les diferents posicions del carret al llarg del temps s'ajusten a una funció polinomial de segon ordre ($f(x) = ax^2 + bx + c$)?
- Com a conclusió, tenint present que els MRUA tenen com a representació gràfica posició-temps una paràbola, pots dir quin tipus de moviment t'ha sortit amb les teves dades experimentals?



8. IDENTIFICACIÓ DELS TERMES DE LA FUNCIÓ DEL MOVIMENT ANALITZAT

a) El software que utilitzes és capaç de donar amb molta aproximació l'equació corresponent al moviment del carret del qual tens la gràfica en la pantalla. Ara utilitzant les equacions que el software et proporciona, identificaràs els termes que corresponen a les equacions d'un MRUA. Traduirem uns símbols en uns altres.

Ompler les columnes de la taula de sota amb els valors corresponents.

Recorda i escriu l'equació de posició d'un MRUA:

--

			<i>Còpia l'equació de la corba tenint en compte que: $f(x)$ = és la posició x = és el temps.</i>	<i>Mirant l'equació digues quina es la posició inicial</i>	<i>Mirant l'equació digues quina es la velocitat inicial</i>	<i>Mirant l'equació digues quina es l'acceleració amb què ha frenat el carret.</i>	<i>Escriu l'equació del moviment del carret amb els símbols que acostumes a utilitzar a Física.</i>
	Distància frenat (m)	Temps de frenada(s)	Equació que dona el software	Posició inicial (m)	Velocitat inicial (m/s)	Acceleració (m/s^2)	Equació de posició respecte el temps del vostre carret
Moviment	dy =	dx=	f(x) =	x_0 =	v_0 =	a=	

Amb l'acceleració trobada mirant l'equació de posició del moviment, confirma que la distància de frenat que has trobat experimentalment correspon a la que, aplicant l'equació del moviment pel temps de frenada experimental et donaria. Calcula la distància de frenat i compara-la amb el valor trobat experimentalment.



9. RELACIONAR ELS VALORS OBTINGUTS EXPERIMENTALMENT AMB ELS TEÒRICS

- 1) Recordant que estàs intentant trobar la relació entre la distància que necessita el carret per frenar i la velocitat a la que ha sortit, podem utilitzar les dues fórmules del MRUA $\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2$ i $v = v_0 + a \cdot t$; $v=0$ Aïllant la variable temps en aquestes, s'arriba a l'expressió $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$
 Considerant ara que la velocitat final és zero i que l'acceleració ha sortit negativa, podem escriure la fórmula d'aquesta manera:

$$v_0^2 = 2a\Delta x$$

Podríem expressar-la amb paraules. Tria la frase que consideris més precisa i marca-la amb X:

La distància que el carret necessita per frenar	augmenta quan també creix la	la velocitat que portava el carret a l'inici	
La distància que el carret necessita per frenar	és proporcional	a la velocitat que portava abans de començar a frenar	
La distància que el carret necessita per frenar	és proporcional	al quadrat de la velocitat que portava abans de començar a frenar	
El quadrat de la velocitat que portava a l'inici	és proporcional	a la distància que necessita el carret per frenar	
La velocitat que portava el carret a l'inici	és proporcional	al quadrat de la distància que necessita per frenar	

- 2) Apliquem l'anterior a un vehicle que circula per una carretera. Volem que quan condueixis un vehicle puguis fer servir tots els conceptes treballats en aquesta pràctica Comença per traslladar les idees entorn del carret al cas d'un cotxe per una carretera.

Al muntatge utilitzat		A la carretera
1. Carril		
2. Carret		
3. Tirador elàstic		
4. Portapeses amb cordill		
5. Càrrega del carret		
		6. Distància de frenada
		7. Velocitat del cotxe abans de frenar
8. Desacceleració a l'anada		

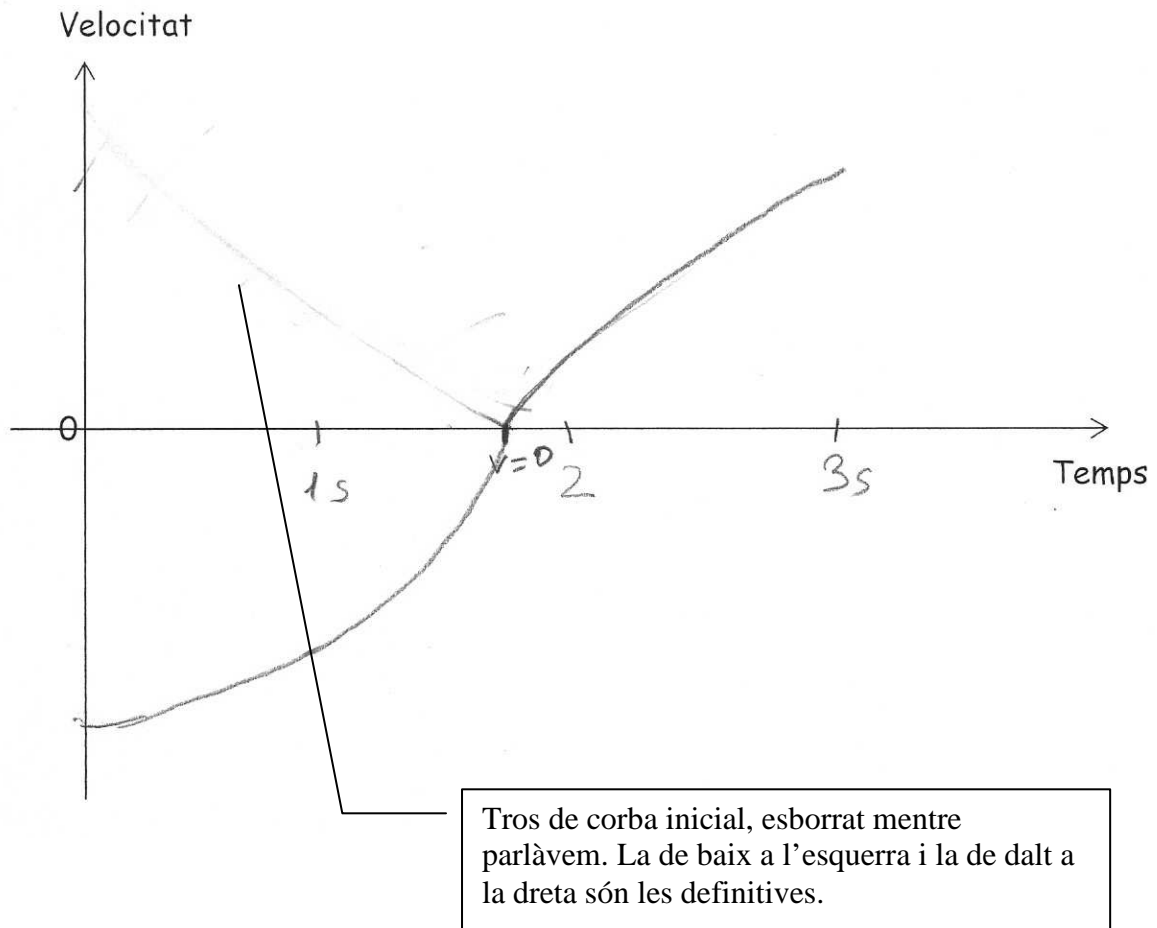
- 3) Escriu ara el significat de l'expressió $v_0^2 = 2a\Delta x$ utilitzant els termes referents al moviment d'un vehicle en una carretera. Fes una frase similar a la que has triat en l'apartat 1.

- 4) Suposant que un cotxe circula a 60 km/h i que necessita per frenar 50 metres, digues quina distància necessitaria per quedar frenat si circulés a 120 km/h.
 Digues també si arribés a anar a 180 km/h

Mantenir en carretera una distància correcta entre el nostre vehicle i el que circula davant és de vital importància per prevenir accidents !!!.

ANNEX 4

A. Noia 1BTX. IES Gervent d'Aurillac. 14/12/07.



Predicció de la gràfica Posició – Temps: Posterior

Transcripció:

- Arriba fins al zero (la corba)?
- Sí, aquí (assenyala el punt).
- Són rectes o són paràboles?
- Són intents de paràbola.
- I la velocitat zero, em dius que és aquí al mig, més o menys, no? Que és quan s'atura.

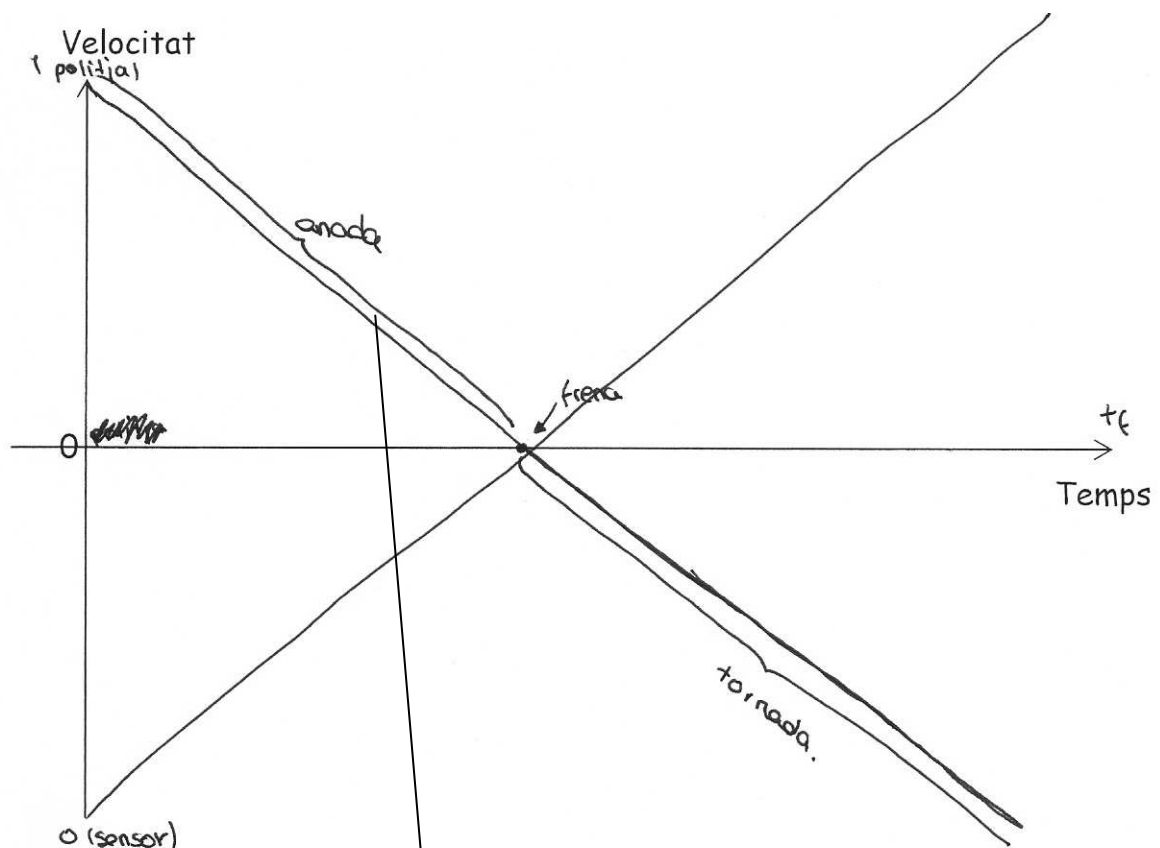
- Sí
- Però abans m'has dit que tenia velocitat negativa, no? Al principi?
- Sí. Ah! És clar. Doncs així serà així (esborra el primer braç de paràbola i el dibuixa per sota el zero).
- Així això d'aquí no, no? (el primer tros que havia dibuixat).
- No.
- D'acord. Escriu-me aquí ara doncs perquè creus que té aquesta forma.

Text: Perquè creus que tindrà aquesta forma?

Perquè surt amb una velocitat inicial provocada per la força que apliquem sobre la goma, fins arribar a un punt on la velocitat és 0 perquè el contrapes ho fa frenar i tornar enrere, al lloc d'origen.

* Va escriure-ho després de dibuixar la predicció i de parlar amb mi.

B. Noi 2BTX. IES Gervent d'Aurillac. 14/12/07.



Predicció de la gràfica Posició – Temps: Posterior**Transcripció:**

- Digues, què has dibuixat aquí?
- Aquí....doncs la gràfica, no?
- “Anada”, “frena” i “tornada”, no? (repetint el que tenia escrit a la gràfica)
- Sí.
- D’acord, molt bé. Llavors, aquí (assenyalant la paraula “frena” que havia escrit) és.....Quan frena vols dir que està aturat, no?
- Sí, bé.....quan va (assenyala el tros d’anada), quan arriba (assenyala el punt $V=0$).....
- I la velocitat, quan és negativa?
- Quan torna.
- Quan torna, és negativa.
- Sí.
- Perquè.....l’origen, on està? Al sensor?
- No.
- Abans (a la classe, amb tots) què havíem dit? Que estava al sensor l’origen? O no?
- Sí, però l’he ficat a l’altra banda.
- Ah, d’acord, vinga! (riu). Si (l’origen) l’haguessis ficat al sensor, com seria (la gràfica)?
- Al revés. Així (assenyala amb el dit com seria la recta)
- Fes-ho doncs (dibuixa la segona recta). D’acord, molt bé. Ara escriu-me aquí el perquè d’això...

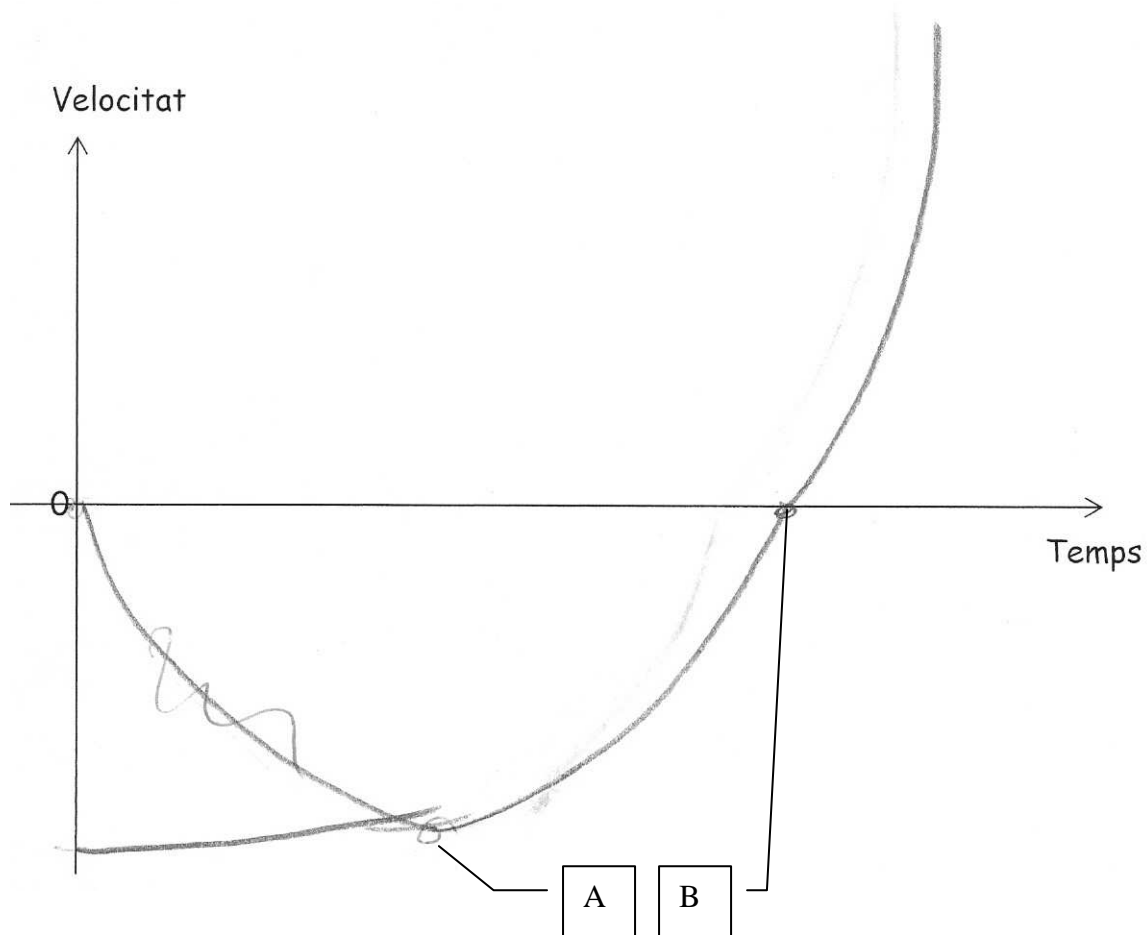
Text: Perquè creus que tindrà aquesta forma?

Perquè la velocitat és negativa a l’anada, si agafem el sensor de posició com a origen, i positiva a la tornada.

A l’anada, la velocitat és negativa perquè s’acosta a l’origen, i a la tornada, com que s’allunya, la velocitat és positiva.

* Va escriure-ho després de dibuixar la predicció i de parlar amb mi.

C. Noi 2BTX. IES Gervent d’Aurillac. 14/12/07.



Predicció de la gràfica Posició – Temps: Posterior

Transcripció:

- A veure, què m'has dibuixat aquí?
- He dibuixat.....(pensa).....a zero (assenyala l'origen de coordenades), a velocitat negativa.
- Sí, comença negativa. I llavors aquí què passa?
- Que comença a...a...(dubta què ha de dir)....Arriba al punt zero, que té la velocitat zero, que és quan es para (està explicant la primera part de la corba, de velocitats negatives, però em dona la sensació que evita parlar del punt que he anomenat A)
- Sí.
- Mentre està creixent (continua la seva frase anterior, ara assenyalant tota la part creixent de la corba, del punt A cap endavant).....
- I a quin....i a quin punt es para d'aquí? (pretenc entendre el que em diu i li pregunto)
- Aquí (assenyala el punt que he anomenat B).

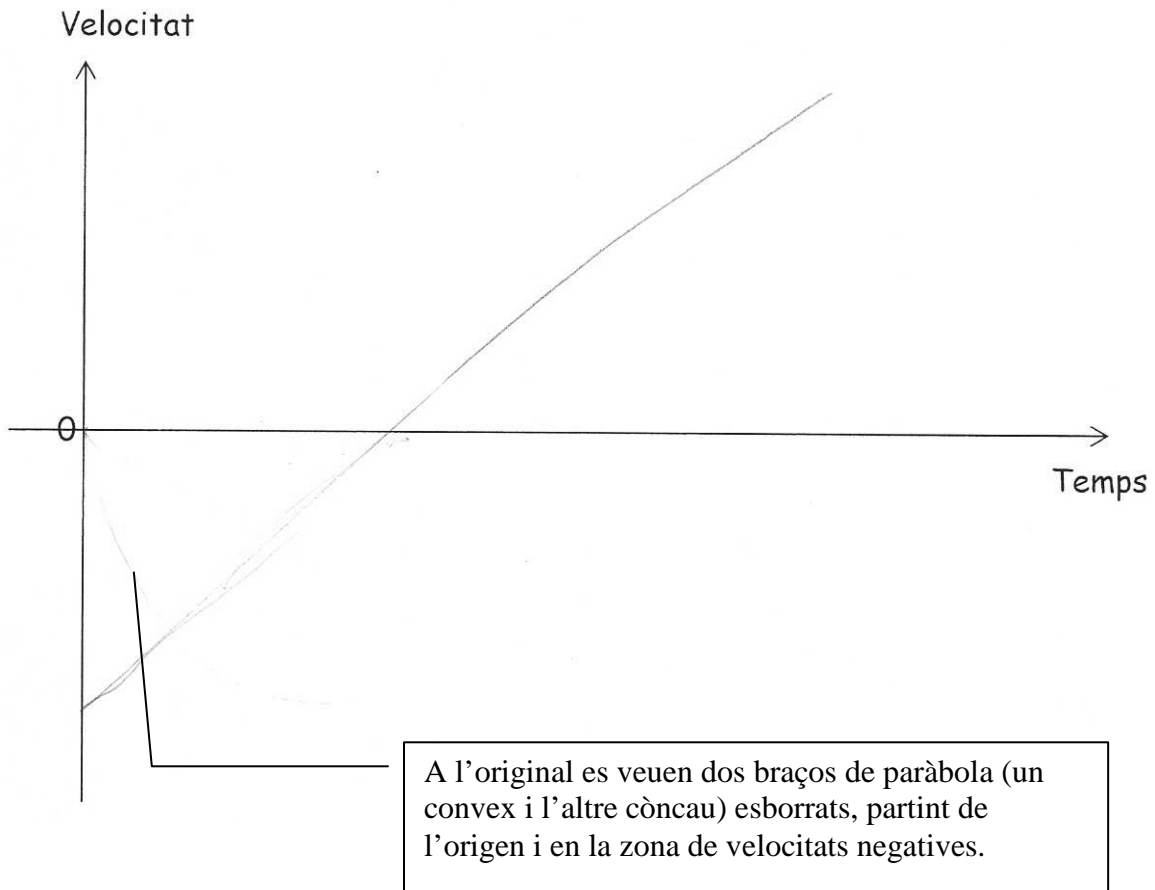
- Es para aquí, no? (assenyalo el punt B per confirmar). A velocitat zero. I aquí baix, aquest ventre que et fa? (li assenyalo el punt A).
- Aquí?
- Sí, això d'aquí.
- Representa que.....el moment d'anada.
- I el moment.....perquè al moment d'anada fa així (li assenyalo la part de velocitats negatives) i a la tornada fa aixà (li assenyalo la part de velocitats positives)?
- Hauria.....potser....no, sí, d'anar negativa perquè considerant l'origen, que al sensor.....(no s'entén gaire el que diu però fa referència a que l'origen està al sensor i per això a l'anada ha dibuixat velocitats negatives)
- Sí, no, la forma, jo et dic. Aquí velocitat negativa i aquí velocitat positiva (assenyalo les dues zones), d'acord. Però perquè fa aquesta forma (assenyalo el ventre corresponent al punt A)?
- Perquè a l'anada...(dubta)...hi ha.....l'energia de la molla....que es perd amb el pes (fa referència a que el contrapes és el responsable de la força de tensió que fa aturar el carret)...i aquí (segueix amb el dit la línia de velocitats negatives), zero (assenyala el punt B). Després la zona de velocitats positives...
- Ah, tu això...tu això que m'has dibuixat aquí (assenyalo la zona de velocitats negatives), aquest tros, a què correspon exactament?
- Correspon a que....abans de que comenci a frenar.
- Quan és que comença a frenar?
- Començarà.....(m'assenyala algun punt del carril, a uns 10cm de la goma).
- Comença a frenar des de que surt disparat de la goma.
- Bé...(pensa).
- Et salvaves si em deies que això era lo de la goma i tot això, però bé (volia saber si em justificava, encara que fos malament, la forma de la part de velocitats negatives).
- Ja, ja....doncs què...què...què...com, com ho fem?
- Com ho fem això? Tu veus que surt de la goma a velocitat zero?
- No...(dubta una mica)
- O surt ràpid?
- Surt ràpid, surt ràpid.
- Doncs si surt ràpid, no pot sortir d'aquí (assenyalo l'origen de coordenades), velocitat zero. Ha de sortir de per aquí (assenyalo un punt de temps 0 i velocitat negativa), ràpid.
- Ah,(assenyala la nova forma de la predicció).
- D'acord.....fes una mica així (li indico que dibuixi el que m'assenyala (ho fa i tatxa la part que havia dibuixat al principi). D'acord....i...això ho matem (donant per acabada la xerrada).

Text: Perquè creus que tindrà aquesta forma?

Perquè en el moment que es para la seva velocitat és 0 i després torna a accelerar-se.

* Va escriure-ho abans de parlar amb mi. És interessant notar que en el text no fa referència a la part del ventre, no ho justifica.

D. Noi 1BTX. IES Gervent d'Aurillac. 14/12/07.



Predicció de la gràfica Posició – Temps: Anterior

Transcripció:

- Ho ha fet ella (ho diu assenyalant a una companya quan li demano que m'ho expliqui)
- Ho ha fet ell, ho ha fet ell (la noia assenyalava el noi amb qui parlo).
- No, no, és que encara no ho he pensat (l'explicació que m'ha de donar de la predicció).
- No, és igual. Jo t'ho pregunto. Ves-ho pensant mentre et pregunto.

Text: Perquè creus que tindrà aquesta forma?

Perquè el temps comença a 0 i al principi la velocitat és negativa i va disminuint fins a 0.

Després comença a augmentar, aquest cop en sentit positiu.

* Va escriure-ho després de parlar amb mi.